Marcellin Berthelot, 1827-1907 / A. Boutaric,...

Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

BnF Gallica

Boutaric, Augustin (1885-1949). Auteur du texte. Marcellin Berthelot, 1827-1907 / A. Boutaric,.... 1927.

1/ Les contenus accessibles sur le site Gallica sont pour la plupart des reproductions numériques d'oeuvres tombées dans le domaine public provenant des collections de la BnF. Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978 :
- La réutilisation non commerciale de ces contenus ou dans le cadre d’une publication académique ou scientifique est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur et notamment du maintien de la mention de source des contenus telle que précisée ci-après : « Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France » ou « Source gallica.bnf.fr / BnF ».
- La réutilisation commerciale de ces contenus est payante et fait l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service ou toute autre réutilisation des contenus générant directement des revenus : publication vendue (à l’exception des ouvrages académiques ou scientifiques), une exposition, une production audiovisuelle, un service ou un produit payant, un support à vocation promotionnelle etc.

CLIQUER ICI POUR ACCÉDER AUX TARIFS ET À LA LICENCE

2/ Les contenus de Gallica sont la propriété de la BnF au sens de l'article L.2112-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

3/ Quelques contenus sont soumis à un régime de réutilisation particulier. Il s'agit :

- des reproductions de documents protégés par un droit d'auteur appartenant à un tiers. Ces documents ne peuvent être réutilisés, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.
- des reproductions de documents conservés dans les bibliothèques ou autres institutions partenaires. Ceux-ci sont signalés par la mention Source gallica.BnF.fr / Bibliothèque municipale de ... (ou autre partenaire). L'utilisateur est invité à s'informer auprès de ces bibliothèques de leurs conditions de réutilisation.

4/ Gallica constitue une base de données, dont la BnF est le producteur, protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

5/ Les présentes conditions d'utilisation des contenus de Gallica sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

6/ L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur, notamment en matière de propriété intellectuelle. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

7/ Pour obtenir un document de Gallica en haute définition, contacter
utilisation.commerciale@bnf.fr.

Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

ANDEYNES & FILS
RELIURE INTRO
BREVETÉ S.G.D.G

COLLECTION D'ÉTUDES, DE DOCUMENTS ET DE TÉMOIGNAGES
POUR SERVIR A
L'HISTOIRE DE NOTRE TEMPS

A. BOUTARIC

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE DIJON

MARCELLIN BERTHELOT

(1827-1907)

3437

Avec un portrait hors texte

PAYOT, PARIS

L27n 9365

NL

Premier tirage mars 1927.

MARCELLIN BERTHELOT

(1827 — 1907)

23 MAI 1921
DÉPOT LÉGAL
B.N. VOLUMES
A 04228

8 Ln27
62365

DU MÊME AUTEUR

La chaleur et le froid. 1 vol. illustré. E. Flammarion, éditeur (*Bibliothèque de Philosophie scientifique*).

La lumière et les radiations invisibles. 1 vol. illustré. E. Flammarion, éditeur (*Bibliothèque de Philosophie scientifique*).

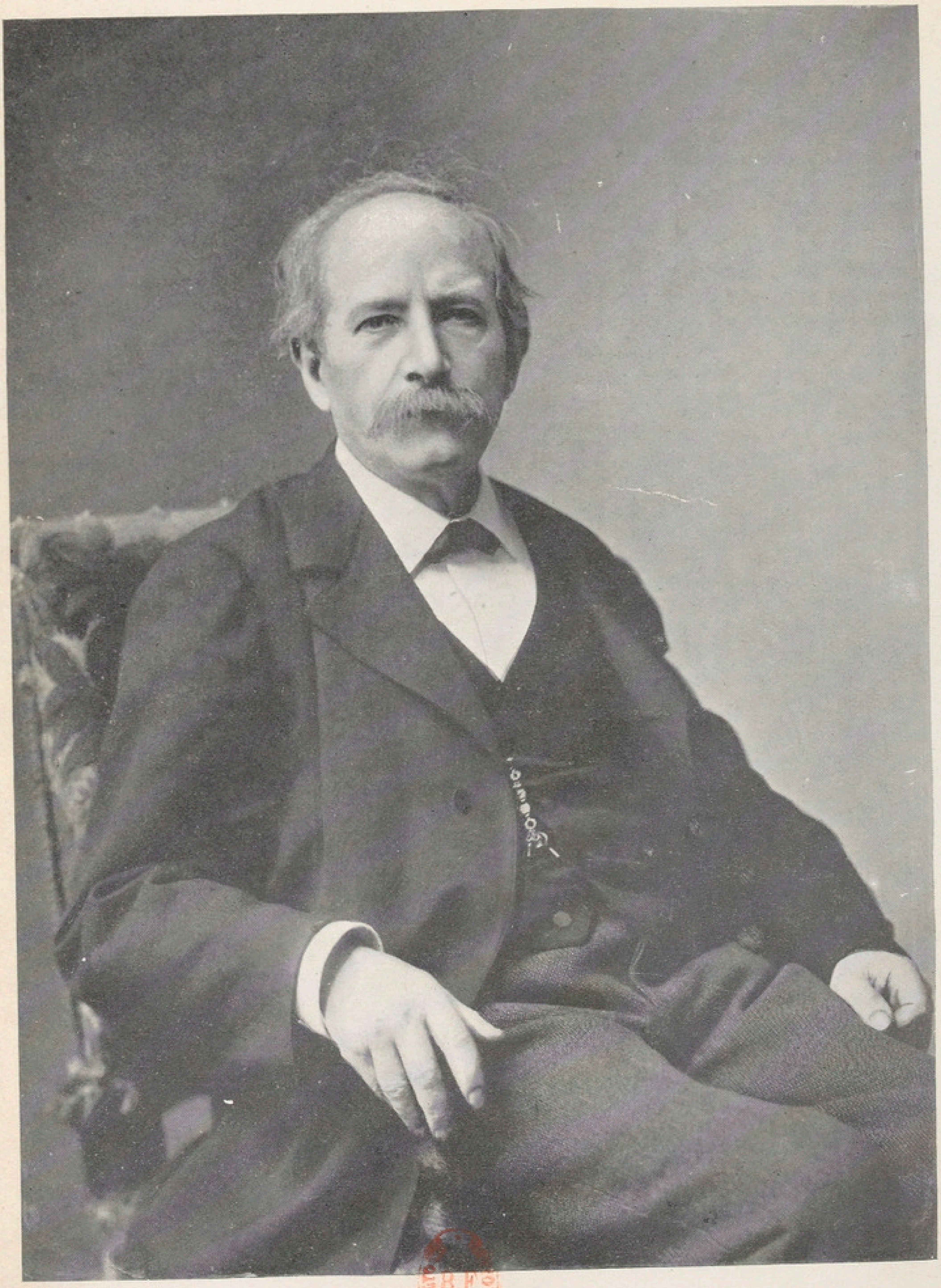
La vie des atomes. 1 vol. illustré (5e mille). Ouvrage couronné par l'Académie des Sciences. E. Flammarion, éditeur (*Bibliothèque de Philosophie scientifique*).

Oscillations et vibrations. 1 vol. illustré. G. Doin, éditeur (*Encyclopédie scientifique, Bibliothèque de Physique*).

Phosphore, arsenic, antimoine, en collaboration avec A. Raynaud. 1 vol. illustré. G. Doin, éditeur (*Encyclopédie scientifique, Bibliothèque de Chimie*).

Précis de physique d'après les théories modernes. 1 vol. illustré (5e mille). G. Doin, éditeur.

La physique moderne et l'électron. F. Alcan, éditeur (*Nouvelle Collection scientifique*).



R.F.

MARCELLIN BERTHELOT

A. BOUTARIC

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE DIJON

MARCELLIN BERTHELOT

(1827-1907)

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE
IMPRIMÉS

PAYOT, PARIS

106, BOULEVARD ST-GERMAIN

—

1927

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation
réservés pour tous pays.
Copyright 1927, by Payot, Paris.

A LA MÉMOIRE

DE

DANIEL BERTHELOT

(1865-1927)

CHAPITRE PREMIER

LA VIE DE MARCELLIN BERTHELOT

« Pour bien comprendre un savant, écrivait Berthelot dans son étude sur Lavoisier, il faut connaître sa personne et le milieu dans lequel il a vécu. »

Pierre-Eugène-Marcellin Berthelot naquit à Paris le 25 octobre 1827. Sa mère, Ernestine-Sophie-Claudine Picard, était également née à Paris d'un père lui-même Parisien, mais d'origine bourguignonne ; ses ascendants maternels avaient été armateurs jusqu'aux guerres de la fin du XVIII^e^ siècle. Son père, Jacques-Martin Berthelot, né en Sologne d'un maréchal-ferrant volontaire de 1792, exerçait la profession de docteur en médecine.

« M. Berthelot père, écrivait Renan, était chrétien gallican de l'ancienne école et d'opinions politiques très libérales. C'était le premier républicain que j'eusse vu ; une telle apparition m'étonna.

Il était quelque chose de plus : je veux dire homme admirable par la charité et le dévouement. Il fit la carrière scientifique de son fils en lui permettant de se livrer, jusqu'à l'âge de plus de trente ans, à ses recherches spéculatives, sans fonction, ni concours, ni école, ni travail rémunérateur (1). »

Marcellin Berthelot devait toute sa vie rester fidèle aux idées républicaines et démocratiques de son père.

A la naissance de Berthelot, sa famille habitait la rue du Mouton, détruite en 1850 par les travaux qui ont agrandi la place de l'Hôtel-de-Ville et ouvert la rue de Rivoli.

« Je n'ai point de petite patrie, a-t-il dit lui-même, si ce n'est dans les souvenirs de famille. Je n'ai point au fond de ma mémoire la vision de ce petit champ, engraissé des sueurs des miens, de cette chère et modeste maison, à laquelle sont attachées les premières images, les premières amours. Je suis né en place de Grève, au coin de la rue du Mouton, vers le centre du carré gauche de la place de l'Hôtel-de-Ville, en faisant face à l'édifice. Là, existait, au commencement du siècle dernier, une vieille maison, maison qui avait une histoire. C'était la maison de la lanterne, au temps

(1) E. Renan, *Souvenirs d'enfance et de jeunesse*, p. 334.

de la Révolution : elle appartenait à mon grand-père maternel. Il n'y fut pas pendu et n'y pendit personne, quoiqu'elle ait servi à d'autres. Mon enfance et ma jeunesse se sont écoulées dans une autre maison, maison des anciens échevins, sise rue des Écrivains, vis-à-vis de la cour Saint-Jacques la Boucherie.

« Mais, aujourd'hui, je ne puis trouver en ces lieux aucune image pour y rattacher mes souvenirs ; car il ne reste des deux maisons ni une pierre, ni une motte de terre ; le sol même a péri, abaissé par le nivellement de la rue de Rivoli, il y a un demi-siècle.

« C'est là que j'ai été élevé, entouré de l'amour des miens, dans la tradition républicaine, au bruit du canon et de la fusillade, au milieu des barricades, des émeutes du règne de Louis-Philippe, de la Révolution de 1848 et des journées de Juin. Depuis ma première enfance, à l'âge le plus tendre, la mémoire la plus vieille qui me reste est celle des blessés ensanglantés, frappés à Saint-Merri et rue Transnonain. On les amenait pour être secourus à mon père, médecin du bureau de bienfaisance pendant trente années et ami du peuple (1). »

(1) M. Berthelot, *Science et libre pensée*, p. 59.

Après avoir appris les rudiments de l'instruction dans une école primaire du voisinage, le jeune Berthelot fit au collège Henri IV de solides études classiques. Sa vive intelligence s'y manifesta par des succès exceptionnels. Il remporta en 1846 le prix d'honneur de philosophie au Concours général. Et l'on peut lui appliquer ce qu'il écrivait de Lavoisier : « Il entra dans la vie avec la culture classique, qui ne fait certes pas les grands hommes, mais qui leur assure cette forte éducation de l'esprit, cette pratique du travail et cette habitude d'écrire, si nécessaires à la poursuite méthodique de leurs travaux comme à la propagation de leurs idées (1). » De cette culture classique il garda toute sa vie l'amour des littératures anciennes. Il lisait couramment Platon dans le texte et quand il allait à la campagne, il emportait deux vieilles éditions de Lucrèce et de Tacite dont il savait de longs passages par cœur.

Au collège sa supériorité était reconnue non seulement par ses maîtres, mais par la plupart de ses camarades. C'est ce que rappelait, lors du cinquantenaire scientifique de Berthelot, son ancien condisciple Fouqué, alors président de l'Académie des Sciences.

(1) M. Berthelot, *La révolution chimique. Lavoisier*, p. 10.

« Le monde scientifique tout entier vous a classé parmi ses plus grandes illustrations. Chacun admire en vous la puissance du travail, l'esprit d'invention, la logique des idées, l'amplitude de la mémoire, l'habileté expérimentale, l'aptitude à passer d'une série de recherches à une autre série sans lien apparent avec la précédente. Toutes ces qualités éminentes, réunies chez un seul homme, lui assurent une personnalité sans rivale, que je n'ose qualifier d'un seul mot, de peur de blesser votre modestie. Mais je puis affirmer en outre que ces dons précieux, vous les possédiez déjà tous en germe quand vous n'étiez encore qu'un simple écolier.

« Il y a un peu plus d'un demi-siècle, nous étions assis l'un près de l'autre sur les bancs de la classe de Mathématiques élémentaires du collège Henri IV.

« Entre nous s'était établie une étroite camaraderie. Mes souvenirs me rappellent avec charme les longues conversations que nous avions ensemble sur nos sujets d'étude et sur toute sorte de questions des plus diverses. Nous suivions avec anxiété les événements de cette période agitée de notre histoire nationale, et déjà vous aviez pris pour devise les mots sacrés de *Patrie* et de *Vérité*.

« Je me vois encore discourant avec vous sur

le chemin glissant et boueux qui, par la rue de la Harpe, menait à l'habitation que vous occupiez dans l'étroite rue des Écrivains, au pied de la tour Saint-Jacques. Là, je recevais de votre père l'accueil le plus bienveillant. Puis nous grimpions à votre mansarde et reprenions la dissertation interrompue, ayant pour toute distraction la vue des hirondelles qui nichaient dans les sculptures de la vieille tour.

« Déjà, à cette époque, vous aviez conscience de l'avenir scientifique élevé qui vous était réservé. Vos professeurs et même vos condisciples en étaient également persuadés, et, plus que personne, j'avais foi en vous (1). »

Pendant ses dernières années d'études au collège Henri IV, Berthelot prenait pension à l'institution Crouzet, rue des Deux-Églises, aujourd'hui rue de l'Abbé-de-l'Épée. Il y rencontra Renan qui venait de quitter le Séminaire et donnait des répétitions aux internes. Entre les deux jeunes gens s'établit très vite une amitié qui eut sur le développement intellectuel de chacun d'eux une influence profonde ; elle ne devait finir qu'avec la mort.

Ses études terminées, Berthelot hésita sur le

(1) *Cinquantenaire scientifique de Berthelot*, 24 novembre 1901, p. 24.

choix d'une carrière. Aussi doué pour les lettres que pour les sciences, il eût pu espérer un égal succès dans l'histoire, la littérature ou la philosophie. Suivant peut-être en cela l'influence paternelle, il préféra les sciences. Il en poursuivit l'étude sans passer ni à l'Ecole Normale, ni à l'Ecole Polytechnique, et se forma surtout par son travail personnel. « Nous avions résolu l'un et l'autre, écrit-il de son ami Renan et de lui-même, de n'entrer dans aucune de ces grandes écoles, si chères à la jeunesse française, et que nos études et notre capacité nous auraient sans doute ouvertes sans trop de difficultés. C'est que nous étions animés par un sentiment d'indépendance personnelle et par une volonté à laquelle nous sommes restés constamment fidèles, alors même que les honneurs et les fonctions officielles étaient venus nous trouver, à l'heure fixée par la destinée (1). »

Le 4 novembre 1848, il commença à la Faculté de Médecine des études médicales qu'il poursuivit jusqu'à la huitième inscription, prise le 4 juillet 1850. Mais il fréquentait en même temps la Faculté des Sciences où il fut reçu licencié le 26 juillet 1849. Il ne s'intéressait pas seulement à la science toute faite, celle qu'on trouve dans les

(1) Renan et Berthelot, *Correspondance*, p 5.

manuels où elle semble fixée définitivement. Dès l'âge de vingt ans, il était tourmenté par le désir de déchiffrer lui-même un peu de l'immense inconnu qui nous entoure et de faire œuvre personnelle. Il entra dans le laboratoire d'enseignement pratique de la chimie fondé par Pelouze, rue Dauphine, dans un immeuble aujourd'hui disparu.

« Le laboratoire, écrit Emile Jungfleisch, était fréquenté surtout par des fils d'industriels des régions du Nord et de l'Est, se préparant à l'industrie. Il a compté jusqu'à 30 élèves travaillant simultanément. Suivant la nature des études qu'ils poursuivaient, ces étudiants versaient une mensualité de 100 à 150 francs. Une telle organisation, due exclusivement à l'initiative privée, était intéressante par sa forme encore nouvelle ; ses résultats furent excellents ; elle dura jusqu'en 1859, époque à laquelle Pelouze fut nommé Directeur des essais à la Monnaie, et comme tel, pourvu d'un laboratoire officiel.

« Le laboratoire particulier de Pelouze était, en outre, fréquenté par des chimistes, dont quelques-uns ont acquis depuis une grande réputation. Parmi les directeurs auxquels Pelouze confia la conduite du laboratoire, il faut citer Barreswill, puis Aimé Girard. Des hommes éminents tels que Cahours, Laurent, Gerhardt, Sobrero, Alvaro

Reinoso, Louis Ménard y ont exécuté quelques-uns des travaux qui ont illustré leurs noms. Gerhardt y a effectué temporairement ses recherches, avant l'ouverture de l'École de Chimie pratique qu'il fonda lui-même, en 1851, à quelques pas de là, rue Monsieur-le-Prince, n° 29 ; il continua d'ailleurs à fréquenter le laboratoire de Pelouze après l'installation de sa propre école. Le laboratoire attirait, en outre, des physiologistes que les questions de chimie intéressaient ; Claude Bernard y venait fréquemment.

« Tel est le milieu où Berthelot a fait ses débuts dans la pratique de la chimie. Entré au laboratoire de Pelouze dès la fondation, il y devint bientôt préparateur, chargé de surveiller les travaux des élèves. Ces travaux portaient, après quelques manipulations de chimie générale, sur des opérations de chimie appliquée.

« Les appointements du préparateur s'élevaient à 600 fr. par an ; ils étaient ainsi conformes aux coutumes de l'époque (1). »

C'est dans ce laboratoire que Berthelot effectua ses premières recherches originales dont il publia le résultat dans une note insérée aux *Comptes Rendus* de *l'Académie des Sciences*, le 27 mai

(1) E. JUNGFLEISCH, *Notice sur la vie et les travaux de Marcellin Berthelot*, p. 17.

1850 : « Sur un procédé simple et sans danger pour démontrer la liquéfaction des gaz et celle de l'acide carbonique en particulier ». Ce travail d'un jeune homme de vingt-deux ans révèle les dons exceptionnels d'observation et la puissance de déduction qui caractériseront l'œuvre tout entière de Berthelot. Ayant, par un procédé pratique nouveau, comprimé les gaz jusqu'à 780 atmosphères, il constate qu'un certain nombre d'entre eux ne se liquéfient pas, même sous ces hautes pressions, à la température ambiante. Par une étude systématique du phénomène, le physicien Andrews devait établir, quelques années plus tard, que les gaz peuvent résister aux plus fortes pressions sans se liquéfier, si leur température dépasse une certaine valeur déterminée pour chacun d'eux, qui est ce qu'on appelle sa température critique ; la liquéfaction n'est possible qu'au dessous de cette température.

Berthelot ne resta pas longtemps au laboratoire de Pelouze. En 1851, il entra comme préparateur de Balard au Collège de France. Il devait remplir pendant neuf ans ces fonctions modestes, aux appointements dérisoires de 800 francs par an qui l'obligeaient à se créer quelques ressources supplémentaires en donnant des répétitions privées. C'est pourtant dans ces conditions qu'il effectua

les magnifiques recherches sur la synthèse chimique qui lui valurent bientôt une réputation universelle et justifièrent le choix de Balard : « Tout permet d'espérer, avait écrit Balard au Ministre pour lui proposer de nommer Berthelot aux fonctions de préparateur dans son laboratoire, que M. Marcellin Berthelot saura utiliser pour l'avancement de la science la position que je sollicite pour lui. »

« Sans doute, note Jungfleisch, l'activité incessante avec laquelle Berthelot conduisait ses propres travaux, la tension d'esprit continuelle dont ceux-ci étaient l'objet, le portaient parfois à négliger un peu les soins qu'il devait aux réactifs utilisés dans les leçons d'analyse que professait Balard ; sans doute la vivacité méridionale de Balard rendait parfois le public témoin de ses impatiences, mais elle ne permettait jamais d'oublier en quelle estime le professeur tenait le préparateur. Et puis, Balard n'admettait-il pas qu'au Collège de France la recherche doit avoir le pas sur l'enseignement ?

« En fait, Balard montra sans cesse le plus grand attachement à Berthelot, s'employant à lui faire obtenir les situations dont il fut plus tard pourvu ; ce fut lui notamment qui sollicita le dédoublement de sa propre chaire, pour obtenir

la création d'une chaire de chimie organique, attribuée par avance à son préparateur. La chaire ayant été créée, pour en constituer le laboratoire, Balard abandonna à Berthelot une partie des locaux qu'il occupait.

« Jusqu'à ses derniers jours, Balard conserva la plus grande estime pour le jugement et l'érudition de son ancien préparateur, dont il aimait à connaître l'opinion dans les cas difficiles (1). »

De son côté Berthelot a toujours gardé à son ancien maître la plus vive reconnaissance. Dans la notice qu'il lui a consacrée, il a tenu à rappeler combien Balard était « empressé à encourager toutes les vocations naissantes, et non moins sympathique aux réputations déjà faites. Tous ceux qui l'ont connu n'oublieront jamais combien il était bon, serviable, dévoué à la science, toujours prêt à aider ceux qui la cultivaient, sans être jamais effleuré par le moindre soupçon d'envie ou de jalousie. C'était là, on peut le dire, son principal souci, et ce qui grave son souvenir en traits ineffaçables dans le cœur de ses amis et de ses élèves (2). »

En avril 1854, Berthelot fut reçu docteur ès-sciences physiques avec une thèse « Sur les com-

(1) E. Jungfleisch, *Loc. cit.*, p. 19.

(2) Berthelot, *Science et Philosophie*, p. 217.

binaisons de la glycérine avec les acides et sur la synthèse des principes immédiats des graisses des animaux ». Ce travail compte parmi les plus importants qu'ait exécutés Berthelot. Il a inauguré la série de ses admirables recherches sur la synthèse chimique, qui ont été l'origine de tant d'applications importantes et qui ont joué un rôle essentiel dans l'évolution des conceptions philosophiques sur la nature de la vie.

Le 29 novembre 1858, Berthelot, qui avait poursuivi simultanément ses études de pharmacie, fut reçu pharmacien de première classe, après la soutenance d'une thèse exposant de « Nouvelles recherches sur les corps analogues au sucre de canne ». Ce titre lui permit d'entrer à l'école de pharmacie comme professeur de chimie organique dans la chaire qui fut créée, grâce à l'appui de J.-B. Dumas, par le décret du 2 décembre 1859.

Là encore, il dirigea le meilleur de son activité vers les recherches originales dont il eut toute sa vie l'amour passionné. C'est dans ce laboratoire de l'école de pharmacie, créé par lui de toutes pièces, qu'il effectua ses travaux restés classiques sur l'acétylène et les carbures d'hydrogène.

Vers cette époque, se place son mariage avec Mlle Sophie Niaudet qu'il avait rencontrée dans

le salon de Joseph Bertrand. « La maison de Bertrand, raconte-t-il dans son discours de réception à l'Académie française, ne tarda pas à devenir un centre de réunion pour la jeunesse des deux sexes. Vers 1860, il demeurait rue de Rivoli ; on rencontrait dans son salon à la fois les familles de savants réputés, notamment celles de Boussingault et de Bréguet, et les jeunes professeurs qui commençaient à se distinguer dans la vie. Plus d'un parmi eux y forma de nouveaux liens de famille. »

Mme Berthelot mère, catholique pratiquante, éleva d'abord des objections aux projets de mariage de son fils, car Mlle Niaudet était protestante. Le 7 février 1861, Berthelot écrivait à son ami Renan alors en Orient : « Je me trouve en ce moment dans une situation morale très pénible et où j'aurais eu grand besoin de votre affection et de celle des vôtres. Depuis près d'un an, je suis condamné à ce singulier supplice qui consiste à vouloir, à entreprendre avec réflexion et à voir mon énergie neutralisée par des volontés ou des sentiments que je ne puis ni écarter, ni froisser. Je ne puis ni diriger les circonstances de ma vie à mon gré, ni les abandonner au courant spontané des choses. Mais je ne saurais vous en dire plus long dans une lettre. Si je ne puis sortir d'un tel

état, ma vie finira par s'user, à force de se ronger elle-même (1). »

Les difficultés finirent par s'aplanir et le mariage eut lieu en mai 1861. Berthelot en fit part à Renan, toujours en Orient, dans une lettre datée du 3 mai 1861 : « Je désire d'autant plus vous savoir bien portant que j'ai une bonne nouvelle à vous annoncer, et que vous savoir malade troublerait bien ma joie. Je me marie dans huit jours ; je ne vous en ai pas parlé plus tôt, parce qu'à cette distance toute confidence de ce genre est impossible. J'épouse une nièce de M. Bréguet, dont le caractère sérieux et la personne me conviennent de tout point : vous la verrez, car nous avons souvent parlé de vous (2). »

Les frères de Goncourt qui connurent M^me^ Berthelot au début de son mariage la peignent comme « une beauté singulière, inoubliable ; une beauté intelligente, profonde, magnétique, une beauté d'âme et de pensée, semblable à ces créations de l'extra-monde d'Edgar Poe. Des cheveux à larges bandeaux presque détachés, à l'apparence de nimbe, un calme front bombé, de grands yeux pleins de lumière dans l'ombre de leur cernure, une voix musicale d'éphèbe et l'amabilité

(1) RENAN et BERTHELOT, *Correspondance*, p. 237.
(2) RENAN et BERTHELOT, *Correspondance*, p. 269.

d'une femme supérieure. » M^me^ Berthelot joignait à une intelligence élevée les qualités de cœur les plus rares. Elle sut comprendre l'homme de génie qu'elle avait épousé. Renonçant à ses occupations préférées et notamment à la peinture pour laquelle elle avait un réel talent, elle s'associa totalement aux travaux et aux rêves de son mari ; il trouva toujours auprès d'elle la tranquillité morale dont avait besoin son activité inlassable et l'affection intelligente qui savait apaiser son âme inquiète. Ils vécurent quarante-cinq ans en communion absolue d'idées et de sentiments. De leur mariage naquirent six enfants : quatre fils qui se sont tous fait un nom dans la politique, dans la science, dans la diplomatie, dans la philosophie, et deux filles qui épousèrent des professeurs de l'Université de haute valeur.

En 1860, Berthelot publia sa *Chimie organique fondée sur la synthèse* où il exposait les résultats de ses recherches expérimentales sur la synthèse chimique et leurs conséquences philosophiques. Cet ouvrage eut un très vif succès, non seulement parmi les spécialistes, mais encore dans le grand public. Il établit définitivement la réputation scientifique de Berthelot, et lui valut d'être chargé, pendant l'année 1863-1864, d'un cours complémentaire de chimie organique au Collège de

France. Il y traita des méthodes générales de synthèse en chimie organique, ce qui lui permit d'emprunter la matière tout entière de ses leçons à des recherches personnelles. Publiées peu après, ces leçons eurent un grand retentissement, et le 8 août 1865, le cours complémentaire de chimie organique était, sur la proposition de Balard, transformé en une chaire magistrale, dont Berthelot fut nommé titulaire. Il occupa cette chaire sans interruption jusqu'à sa mort ; et refusa toujours de la quitter pour des situations plus brillantes ou plus lucratives, où il eût pu craindre d'être moins libre et moins pleinement lui-même. Il ne passait pas un jour à Paris sans aller à son laboratoire. Il devait y venir encore l'avant veille de sa mort. « J'ai vu autrefois, au Collège de France, écrit Armand Gautier, ce laboratoire où il était entré, vaste salle froide et humide, mal éclairée, avec tout juste une hotte et une large table. En deux ans, Berthelot eut créé ses instruments, ses fours à tubes, commencé ses collections, mieux encore, reproduit artificiellement les principes qui entrent dans la constitution des graisses animales (1). » C'est là qu'il accomplit la plus grande partie de son œuvre, utilisant au mieux des inté-

(1) Armand Gautier, *Revue scientifique*, 30 mars 1907, p. 385.

rêts de la science, l'activité des nombreux préparateurs et élèves qui se succédèrent dans son laboratoire et dont beaucoup devinrent des maîtres.

La guerre de 1870-1871 interrompit pour un temps ses recherches. Après avoir conduit en province ses cinq enfants, il revint à Paris mettre sa science au service de la patrie. Comme président du *Comité scientifique de défense nationale*, il eut à étudier les questions les plus diverses et les plus éloignées jusque-là de ses préoccupations. « Pendant le siège de Paris, lui dit lors de la cérémonie de son cinquantenaire le Ministre de l'Instruction Publique, vous êtes partout où la Science, appelée trop tard, hélas ! apporte un secours à nos armes. Vous fondez des canons, vous fabriquez de la dynamite ; aidé de quelques savants héroïques, vous vous efforcez de relier à la province la ville assiégée. On vous voit sur le plateau d'Avron, contrôlant le tir de l'artillerie ; au sommet de nos tours, cherchant à l'horizon un signal qui ne vient pas ; sur les rives glacées de la Seine, dont vous voulez faire un fil conducteur pour la transmission des dépêches ; dans les carrières de Clamart, où vous descendez pour faire sauter les batteries ennemies de Châtillon. Que de fois vous avez joué votre vie en silence comme le plus obscur de nos soldats ! »

En reconnaissance des services qu'il avait rendus pendant la guerre, les Parisiens lui donnèrent 30.000 voix aux élections législatives de 1871, sans qu'il se fût porté candidat. Dix ans plus tard, en juillet 1881, il était élu sénateur inamovible. Il fut ministre de l'Instruction publique en 1886-1887, et ministre des Affaires étrangères en 1895.

Peu à peu lui étaient venus les distinctions de toutes sortes, les honneurs et la gloire. C'est ainsi qu'il fut élu membre de l'Académie de Médecine en 1863, membre de l'Académie des Sciences en 1873, secrétaire perpétuel de cette Académie en 1889, membre de l'Académie Française en 1901. La plupart des académies étrangères, la Société royale de Londres, les Académies des Sciences de Berlin, Vienne, Saint-Pétersbourg, Stockholm, Turin, Amsterdam, etc., tinrent à honneur de le compter parmi leurs membres. Le gouvernement de la République lui conféra, en le nommant Grand'Croix de la Légion d'honneur, la plus haute distinction dont il disposait.

En 1900, à l'occasion du cinquantenaire de sa première publication scientifique, les savants français, auxquels se joignirent les représentants des corps scientifiques de tous les pays, rendirent hommage à son génie. Dans la cérémonie qui eut lieu le 24 novembre 1901 dans le grand amphi-

théâtre de la Sorbonne en présence du Président de la République, le Ministre de l'Instruction publique, M. Georges Leygues exalta l'œuvre de Berthelot, dont le rayonnement dans le monde entier était un témoignage éclatant de la fécondité de la pensée française : « Cher et illustre maître, la patrie vous glorifie. Le monde civilisé vous salue par la voix de ses messagers. Votre œuvre a pris possession de l'avenir. Les controverses se sont tues. Il se fait un grand calme et un grand rayonnement autour de votre nom. Et, bien que présent au milieu de nous, plein de vie et plein de force, vous nous apparaissez déjà comme très loin dans la paix sereine de l'Histoire et de l'Immortalité. »

« Pendant toute une existence active et bien remplie, qui, comme toute vie humaine, a eu ses joies et ses chagrins, ses espérances et ses doutes, dit ensuite Moissan au nom de la section de chimie de l'Académie des Sciences, vous n'avez laissé passer aucune année sans nous apporter le tribut de vos recherches. Vous semblez avoir pris avec vous-même l'engagement formel de ne jamais déserter la Science. De graves préoccupations, de lourds devoirs vous ont parfois entraîné loin du laboratoire ; vous y êtes toujours revenu aussitôt que vous en avez eu le loisir. »

Dans sa réponse Berthelot résume la haute conception qu'il se fait de la science et du rôle qu'elle doit jouer dans la vie des peuples. C'est une très belle page où l'élévation de la pensée s'associe à la pureté de l'expression. Elle nous le montre profondément touché des honneurs dont il est l'objet. « Votre sympathie, dit-il, fait briller d'un dernier éclat la lampe sur le point de s'éteindre dans la nuit éternelle ! » Mais aussitôt le ton se raffermit et s'élève. Il proclame modestement n'être qu'une unité dans la foule des travailleurs qui contribuent à édifier la science « œuvre collective, poursuivie pendant le cours des temps par l'effort d'une multitude de travailleurs de tout âge et de toute nation. » Si les peuples éprouvent le besoin d'honorer les savants, c'est qu'ils sentent que « la science est la bienfaitrice de l'humanité ». Mais la science élève plus loin ses légitimes prétentions. « Elle réclame aujourd'hui, à la fois, la direction matérielle, la direction intellectuelle et la direction morale des sociétés. » Aussi le rôle des savants comme individus et comme classe sociale a-t-il grandi sans cesse dans les Etats modernes. « Un savant, vraiment digne de ce nom, consacre une vie désintéressée au grand œuvre de notre époque : je veux dire à l'amélioration, trop lente, hélas ! à notre gré, du sort de

tous, depuis les riches et les heureux jusqu'aux humbles, aux pauvres, aux souffrants ! » Et ce noble idéal, pouvait-il conclure, « je me suis efforcé du moins d'en faire l'objet et la fin, le but directeur de mon existence. »

La vie familiale de Berthelot s'écoula dans le calme et le bonheur jusqu'aux dernières années. Mais les épreuves douloureuses ne manquèrent pas à sa vieillesse. En 1895, il perdit sa fille aînée, puis neuf ans plus tard, dans un accident de chemin de fer, le fils unique de celle-ci. Ce coup lui fut très dur. Il fut fatal à Mme Berthelot dont la santé à partir de ce moment déclina rapidement.

Vers la fin de 1906, Berthelot comprit qu'il ne restait plus aucun espoir de la sauver. Il la veilla jour et nuit, usant sans compter le reste de ses forces. Sa douleur était immense d'assister sans pouvoir les soulager aux souffrances de sa compagne. « Quand on a, déclarait-il à son confrère Chauveau de l'Académie des Sciences, comme Mme Berthelot et moi, marché côte à côte dans la vie, unis dans une inaltérable communion d'idées et de sentiments, bien dure est la séparation, le déchirement bien cruel ! Je peux tout en attendre ! » Il confiait à ses enfants : « Je sens que je ne pourrai pas survivre à votre mère. » De son côté la malade, qui garda jusqu'au bout son ad-

mirable sérénité, se demandait avec anxiété : « Que deviendra-t-il quand je ne serai plus là ! »

« Lorsque nous le voyions arriver ces derniers temps au laboratoire, écrit Camille Matignon, son attitude nous renseignait sur l'état de santé de Mme Berthelot : pâle et défait pendant les périodes critiques, il marchait d'un pas plus alerte pendant les périodes d'amélioration. Nous savions que les jours de la malade étaient comptés et nous ne doutions pas que sa mort n'entraînât celle de son mari dans un court délai. »

Malgré ses fatigues et sa souffrance morale, Berthelot conserva jusqu'au bout sa merveilleuse lucidité et sa prodigieuse capacité de travail. Il publiait encore, le 18 février 1907, dans les *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences,* une longue note consacrée à de délicats problèmes de mécanique chimique. Quelques semaines auparavant il avait fait paraître un volume très étendu sur l'analyse des gaz. La veille de sa mort il surveillait à son laboratoire de Meudon des expériences relatives à l'influence du radium sur la végétation.

Le 18 mars 1907, comprenant que la fin de Mme Berthelot était proche, il s'installa à son chevet et ne la quitta plus. Quand elle eut rendu le dernier soupir, il se retira pour se reposer dans

une pièce voisine. Quelques instants plus tard il avait cessé de vivre.

Pour une fois sa puissante volonté avait refusé de commander aux forces de la nature qui agissaient en lui. Aussi bien ses longues méditations sur les mystères de la vie, ses recherches expérimentales sur les phénomènes physiques et chimiques qui l'accompagnent, lui avaient appris depuis longtemps à envisager la mort avec sérénité. C'était pour lui le repos éternel.

En reconnaissance des services rendus par Berthelot à la science, à son pays et à l'humanité tout entière, le gouvernement demanda aux Chambres le vote d'une loi autorisant à faire déposer ses restes au Panthéon. Mais on ne pouvait séparer après leur mort deux êtres qui avaient été si profondément unis et n'avaient pu se survivre. Aussi le projet de loi adopté le 23 mars sur la proposition du gouvernement présidé par G. Clemenceau fut ainsi conçu : « Les restes de Marcellin Berthelot et ceux de Mme Berthelot seront déposés au Panthéon. »

Les funérailles nationales de Berthelot et de Mme Berthelot furent célébrées au Panthéon, le 25 mars à dix heures du matin, en présence du Président de la République, des Ministres, des représentants des principaux corps constitués.

« Le savant illustre, le grand Français que nous pleurons, dit M. Aristide Briand, alors Ministre de l'Instruction Publique, fut un de ces hommes prodigieux qui honorent tous les pays et tous les temps. » Et en termes éloquents il rappela tout ce que lui devaient la science et la patrie.

Un monument, élevé à Marcellin Berthelot grâce à une souscription internationale, a été inauguré le 20 mai 1917. Dû au ciseau de Charles-René-Paul de Saint-Marceaux, il se dresse devant le Collège de France, tout près de celui de Claude Bernard. Derrière le grand savant pensif, absorbé dans la méditation, se déroule une série de scènes reflétant divers aspects de sa vie intérieure. C'est d'abord le groupe de l'amitié, fixant le souvenir de cette fraternité d'âmes qui a uni Renan et Berthelot. A côté, c'est l'image touchante de l'affection conjugale, associant au penseur celle qui fut sa compagne dévouée et aimante. Enfin c'est la science, à qui Berthelot a consacré sa vie, qu'il a su diriger dans des voies nouvelles et fécondes, et qui en revanche lui a donné la gloire et l'immortalité.

CHAPITRE II

L'ŒUVRE SCIENTIFIQUE

L'œuvre scientifique de Berthelot comprend une trentaine de volumes et environ quinze cents notes ou mémoires publiés dans les principaux recueils scientifiques et notamment dans les *Annales de Chimie et de Physique* dont il fut pendant trente ans le collaborateur le plus actif, dans les *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences,* dans le *Bulletin de la Société Chimique de France*, dans le *Journal de Physique*, etc. Elle a porté sur les sujets les plus variés de la physique et de la chimie et il serait impossible d'en donner une analyse quelque peu complète. Chargé de prononcer son éloge devant la Société Chimique de Berlin, le grand physico-chimiste allemand Nernst s'écriait : « Il serait trop long d'énumérer seulement les plus célèbres de ses travaux, tant fut étendue l'activité de cet homme que je considère comme un des plus grands savants de tous

les temps. » Nous nous contenterons d'en signaler les idées directrices et les résultats les plus importants.

Dans un tel ensemble tout n'a pas la même valeur. Les savants doivent se résigner à ce que la plus grande partie de leur œuvre accroisse la somme des connaissances humaines sans garder aucune trace de leur auteur. Seuls demeurent les écrits infiniment rares où sont exposées les théories et les expériences qui introduisent dans la science des idées neuves, ruinent des hypothèses jusque-là admises et ouvrent des voies nouvelles à la science. Dans l'œuvre immense et si variée de Berthelot, ce sont les seuls que nous analyserons.

Nous nous efforcerons, dans l'exposé des découvertes, de dire, avec une entière bonne foi, la part qui nous semble appartenir à Berthelot, et celle qui revient à ses prédécesseurs ou à ses contemporains. L'exemple a été donné par Berthelot lui-même qui a toujours fait preuve de la plus scrupuleuse honnêteté dans l'histoire des sciences. N'a-t-il pas écrit à propos de Lavoisier. : « C'est une illusion commune aux personnes qui relisent les anciens travaux, et surtout ceux des hommes de génie, tels que Lavoisier, que de vouloir y trouver à la fois et les découvertes qu'ils ont réel-

lement faites et celles de leurs successeurs. On affaiblit par cette confusion le vrai mérite des uns et des autres. »

I. — La synthèse organique.

Exposé général des recherches sur la synthèse organique.

En présence de l'infinie variété des corps qu'on rencontre dans la nature, l'homme s'est efforcé de démêler ce qu'il pouvait y avoir de constant sous leurs apparences multiples et changeantes. Les plus anciens philosophes grecs enseignaient que tous les corps sont constitués par l'assemblage de petits éléments semblables à l'ensemble. Pour eux l'or était formé de petites particules d'or, le sel marin de petits cristaux de sel, le lait de petites gouttes de lait, chaque organe d'une infinité de petits organes semblables. Ainsi interprétaient-ils simplement la variété des formes et des dimensions des corps inertes ou inanimés ; mais le nombre des particules constituantes de nature différente qu'ils devaient imaginer était aussi grand que le nombre de ces corps.

La doctrine atomique édifiée par Démocrite et Epicure, magnifiquement chantée par Lucrèce, va beaucoup plus loin dans la voie de la simplifica-

tion. Elle suppose que tous les corps sont formés par la juxtaposition, suivant des modes divers, d'un petit nombre d'atomes immuables et éternels. Les forces naturelles et celles que sait produire le génie de l'homme ne font que modifier le groupement et l'arrangement des atomes.

Cette vue profonde n'a été pendant longtemps qu'une simple conception philosophique à laquelle manquait, pour s'imposer, l'appui de l'expérience. Les conquêtes de la chimie, lentes et incertaines pendant le moyen âge et les temps modernes, puis étonnamment rapides vers la fin du XVIII[e] siècle avec Scheele, Cavendish, Priestley, et surtout Lavoisier, ont peu à peu établi que tous les corps que nous connaissons, qu'ils soient tirés du monde vivant ou de la matière brute, résultent de la combinaison intime, sous le jeu de forces d'ailleurs mystérieuses, d'un petit nombre d'éléments. Pour parvenir à ce résultat, il a fallu soumettre ces corps à l'action dissociante de la chaleur et de l'électricité, faire agir sur eux les réactifs chimiques les plus variés, recueillir soigneusement tous les produits nouveaux qui apparaissaient au cours de ces transformations, qu'ils fussent gazeux, liquides ou solides, et recommencer sur eux les mêmes opérations jusqu'à ce qu'il fût impossible d'en tirer jamais autre chose qu'eux-mêmes. Ces

produits indécomposables par tous les moyens mis en œuvre, ce sont les corps simples. Leur nombre est d'environ 80.

Ainsi l'*analyse* a-t-elle révélé une certaine simplicité dans le monde de la matière. Qu'on ne s'étonne donc pas de voir les chimistes les plus éminents en vanter la puissance : « La chimie, écrivait Lavoisier en soumettant à des expériences les différents corps de la nature, a pour objet de les décomposer et de se mettre en état d'examiner séparément les différentes substances qui entrent dans leur combinaison... La chimie marche donc vers son but et vers sa perfection en divisant, subdivisant et resubdivisant encore. »

En fondant ainsi la chimie sur l'étude des décompositions successives que les corps peuvent éprouver, et en prenant pour base de la science le terme extrême de ces décompositions, c'est-à-dire les corps simples, Lavoisier fut conduit à définir la chimie : la science de l'analyse. En réalité, cette définition est incomplète. Quand, par l'analyse, le chimiste a isolé les corps simples qui entrent dans la composition d'une substance donnée, son œuvre n'est point achevée. Il lui reste à combiner les éléments qu'il vient de séparer, de manière à reconstituer la substance primitive.

Après l'analyse doit venir la synthèse. Lavoisier ne manqua pas à cette règle. Après avoir retiré de l'eau les deux gaz oxygène et hydrogène, il montra, en une expérience mémorable, qu'un jet d'hydrogène enflammé dans l'oxygène brûle en donnant de l'eau.

Si la chimie se bornait à l'analyse, ce qu'elle nous apprendrait sur la matière serait bien incomplet. Ainsi par l'analyse, on peut retirer du sel marin deux éléments, le chlore et le sodium. Le chlore est un gaz jaune, d'une odeur suffocante, d'une extrême activité chimique, doué de propriétés décolorantes. Le sodium est un métal blanc qui décompose l'eau à la température ordinaire et se combine très facilement à l'oxygène. On voit combien les propriétés de ces deux corps ressemblent peu à celles du sel marin, matière solide blanche, cristalline, soluble dans l'eau, et il est bien difficile de concevoir par quel mécanisme la combinaison chimique produit une transformation aussi radicale dans les propriétés des corps qu'elle unit. On pourrait être tenté de croire qu'un autre composant a échappé à l'analyse, si la synthèse, en montrant que l'union du chlore et du sodium donne bien du sel marin, ne levait tous les doutes possibles. Pour connaître réellement les corps, il ne suffit pas de les dé-

truire, il faut être à même de les reconstituer : « Savoir, c'est pouvoir ».

Si l'on a assez vite reconnu la possibilité de reproduire synthétiquement les composés minéraux, il n'en a pas été de même des corps tirés des êtres vivants ou sécrétés par eux. On a cru pendant longtemps à une impossibilité théorique. Pour Buffon, les êtres vivants étaient formés d'une matière organique essentiellement distincte de la matière minérale : « Il existe, disait-il, une matière organique animée, universellement répandue dans toutes les substances animales ou végétales, qui sert également à leur nutrition, à leur développement et à leur reproduction. »

Cette distinction ne put tenir longtemps devant les résultats de l'analyse chimique qui retrouvait les mêmes corps simples dans les minéraux, les végétaux et les animaux. Mais l'analyse ne fournissait aux chimistes que des indications très imparfaites et les essais de synthèse furent longtemps infructueux. Aussi jusqu'en 1850, admirent-ils que la formation des composés organiques dans les êtres vivants dépendait « de l'action mystérieuse de la force vitale, action opposée, en lutte continuelle avec celles que nous sommes habitués à regarder comme la cause des phénomènes chimiques ordinaires. »

Gerhardt affirmait, en 1844, « que le chimiste fait tout l'opposé de la nature vivante, qu'il brûle, détruit, opère par analyse ; que la force vitale seule opère par synthèse, qu'elle reconstruit l'édifice abattu par les forces chimiques. » Le passage suivant tiré du *Traité de chimie* de Berzelius (1849) est encore plus significatif : « Dans la nature vivante, les éléments paraissent obéir à des lois tout autres que dans la nature inorganique : les produits qui résultent de l'action réciproque de ces éléments diffèrent donc de ceux que nous présente la nature inorganique. Si l'on parvenait à trouver la cause de cette différence, on aurait la clef de la théorie de la chimie organique ; mais cette théorie est tellement cachée, que nous n'avons aucun espoir de la découvrir, du moins quant à présent. »

Pourtant l'urée avait été préparée synthétiquement par Wöhler depuis 1828. Ce simple résultat aurait dû rendre les chimistes moins catégoriques dans leurs affirmations doctrinales. Mais il est bien rare que quelques faits isolés, en désaccord avec une théorie, suffisent à la ruiner définitivement ; il est plus commode de n'en point tenir compte. On considérait les quelques substances organiques obtenues par synthèse comme « placées sur la limite extrême entre la composition organique et la composition inorganique ». « Quand même nous

parviendrions avec le temps, écrivait Berzelius, à produire avec des corps inorganiques plusieurs substances d'une composition analogue à celle des produits organiques, cette imitation incomplète est trop restreinte pour que nous puissions espérer produire des corps organiques, comme nous réussissons, dans la plupart des cas, à confirmer l'analyse des corps organiques en faisant leur synthèse ». Bref, jusqu'en 1850, les exemples de synthèse étaient si rares et si peu féconds, que la plupart des esprits étaient portés à regarder comme chimérique toute espérance de refaire d'une manière générale les substances organiques au moyen des corps simples qui les constituent.

En moins de dix ans Berthelot, en d'immortelles recherches, avait réalisé la synthèse d'un nombre très grand de substances organiques, fait entrevoir la possibilité de les préparer toutes par la seule action des forces physiques, et établi d'une manière indiscutable l'identité de la chimie organique et de la chimie minérale.

C'est en 1853 qu'il publia — il avait alors vingt-cinq ans — son mémoire « Sur la synthèse des principes gras naturels ». Ces corps gras ne sont pas, comme l'urée préparée antérieurement par Wöhler, un produit d'excrétion presque minéral,

mais, au contraire, une partie constitutive de la plupart de nos cellules et de nos tissus. Leur synthèse avait une bien plus grande portée théorique (1).

Cependant la glycérine et les acides dont Berthelot s'était servi pour préparer les corps gras n'avaient pas été produits à partir de la matière minérale même ; ils avaient été extraits de substances organiques, et Berthelot s'était contenté de les placer dans des conditions où ils pussent se combiner en donnant les corps gras.

Pour réaliser une véritable synthèse, il fallait pouvoir construire les composés organiques à partir de leurs éléments, c'est-à-dire à partir du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène, de l'azote. En 1860, après de longs tâtonnements, Berthelot préparait synthétiquement l'alcool qui se produit dans la nature par la fermentation du glucose des matières sucrées, sous l'influence d'un ferment sécrété par la levure de bière. C'était là, à coup sûr, un résultat très important. Mais la méthode de Berthelot consistait à distiller en pré-

(1) Dans le même travail, Berthelot établit en outre pour la première fois que la glycérine est assimilable à un alcool et même possède trois fois ce que les chimistes appellent la fonction alcool, c'est-à-dire qu'une molécule de glycérine peut se combiner soit à une, soit à deux, soit à trois molécules d'un acide gras quelconque pour donner trois corps gras différents.

sence de l'eau le produit formé par l'action de l'acide sulfurique sur l'éthylène. Comme ce gaz n'avait pas été préparé à partir de ses éléments et qu'il provenait de la décomposition de substances organiques, l'acool ainsi obtenu n'était pas encore un produit de synthèse totale.

Il restait à préparer les carbures d'hydrogène et leurs dérivés à partir du carbone et de l'hydrogène. La réduction d'un carbonate par le fer fournit à Berthelot l'oxyde de carbone. En unissant l'oxyde de carbone à l'eau en présence d'une base alcaline, il obtint les sels de l'acide formique, dont la décomposition par la chaleur donna le gaz des marais ou méthane mélangé d'éthylène et de propylène. Un peu plus tard, réduisant au rouge naissant le sulfure de carbone par l'hydrogène sulfuré et le cuivre, il obtint le gaz des marais, l'éthane et la naphtaline. Enfin en 1867, il réussit à unir directement le carbone et l'hydrogène dans l'arc électrique pour former l'acétylène, qui, combiné par la même voie à l'azote, lui fournit l'acide prussique ou cyanhydrique. Par l'action de la chaleur sur l'acétylène il obtint la benzine, la naphtaline, etc., substances extraites jusque-là des goudrons de houille. Le problème que s'était posé Berthelot était résolu. Il apparaissait comme possible, et même relativement facile, par des réac-

tions chimiques appropriées, d'obtenir à partir des corps précédents l'infinie variété des substances organiques, c'est-à-dire en somme d'en faire la synthèse totale.

Beaucoup de chimistes se seraient contentés de ces recherches patientes de laboratoire. Mais Berthelot, qui avait l'esprit philosophique, devait naturellement chercher à dégager la signification profonde de ses résultats expérimentaux. C'est ce qu'il a fait dans sa *Chimie organique fondée sur la synthèse* (1860) et dans ses *Leçons sur les méthodes générales de synthèse en chimie organique* (1864) (1). Nous inspirant de ces ouvrages et délaissant l'ordre historique, nous allons maintenant essayer de montrer comment les recherches de Berthelot permettent, à partir des éléments, d'obtenir des composés organiques de plus en plus complexes.

On peut prendre comme point de départ de la synthèse soit les éléments libres, le carbone, l'hydrogène et l'oxygène, soit les éléments complètement oxydés, l'eau et le gaz carbonique.

(1) M. Berthelot. *Chimie organique fondée sur la synthèse*, 2 vol., Mallet-Bachelier, Paris ; 1860. — *Leçons sur les méthodes générales de synthèse en chimie organique*, 1 vol., Gauthier-Villars, Paris ; 1864. — Il a donné plus tard, à l'usage du grand public, un exposé d'ensemble plus élémentaire : *La Synthèse chimique*, Germer Baillière, Paris ; 1876.

Le carbone et l'hydrogène libres se combinent directement dans l'arc électrique en formant l'acétylène, dont la molécule renferme deux atomes de carbone et deux atomes d'hydrogène. Ce corps peut être considéré comme le point de départ de toute la synthèse organique. L'acétylène produit, en effet, par des transformations immédiates, une multitude d'autres composés. Il s'unit directement à l'hydrogène, à l'oxygène, à l'azote, aux métaux. Ainsi l'acétylène et l'hydrogène se combinent à volumes gazeux égaux pour donner l'éthylène ; par une nouvelle fixation d'hydrogène, on produit l'hydrure d'éthylène ou éthane, qui, à haute température, se décompose en donnant du méthane. Ces quatre hydrocarbures représentent les quatre combinaisons fondamentales du carbone avec l'hydrogène. Non seulement l'acétylène forme les carbures d'hydrogène les plus simples par son union avec l'hydrogène, mais il se condense sous l'action de la chaleur en donnant la benzine. Il se combine à haute température avec les divers carbures pour engendrer toutes sortes de composés plus complexes, le styrolène, la naphtaline, l'anthracène, etc. Ces nouveaux corps, modifiés à leur tour sous l'influence de la chaleur ou combinés avec l'hydrogène, engendrent tous les autres composés hydrocarbonés. On peut donc, à partir de

l'acétylène, obtenir par des synthèses successives tous les hydrocarbures.

La marche précédente semble la plus directe pour procéder à la formation des composés organiques. La seconde méthode, qui prend comme point de départ l'eau et l'anhydride carbonique, n'est pas moins importante ; ce sont, en effet, ces corps qui fournissent à la matière vivante le carbone et l'hydrogène qu'elle renferme. Des procédés de réduction faciles à réaliser permettent de changer le gaz carbonique en oxyde de carbone. Par le seul concours du temps et des affinités ordinaires, ce dernier corps fixe les éléments de l'eau et fournit un premier composé organique : l'acide formique. Sous l'action de la chaleur, le formiate de baryum, obtenu en saturant l'acide formique par la baryte, se décompose en donnant divers hydrocarbures : le méthane, l'éthane, l'éthylène et le propylène. C'est le premier stade de la synthèse qui se trouve réalisé par une méthode moins directe sans doute que la précédente, mais qui présente l'intérêt de procéder à partir des mêmes matériaux que la nature vivante.

Les carbures d'hydrogène deviennent à leur tour le point de départ de la synthèse des alcools : avec le méthane et l'oxygène on forme l'alcool méthylique, avec l'éthylène et l'eau on forme l'al-

cool ordinaire, avec le propylène et l'eau on forme l'alcool propylique, etc.

Les carbures d'hydrogène et les alcools sont les plus caractéristiques peut-être des composés organiques ; ils n'ont pas d'analogues en chimie minérale et ils servent d'origine à toutes les autres formations. Au moyen des alcools et des carbures, les chimistes savent préparer sans trop de difficulté une multitude d'autres composés : tels sont les aldéhydes, premiers termes d'oxydation des alcools, qui comprennent la plupart des huiles essentielles oxygénées ; tels sont encore les acides organiques, si répandus dans les végétaux et dans les animaux. En combinant ces mêmes alcools et ces mêmes carbures avec les acides, on prépare les éthers-sels qui jouent un rôle important dans le monde vivant. Ainsi s'obtiennent un grand nombre de composés ternaires formés de carbone, d'hydrogène et d'oxygène.

On peut aller plus loin. Les alcools, les aldéhydes, les acides, unis à l'ammoniaque, donnent naissance aux substances quaternaires, renfermant du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote. « La synthèse, écrit Berthelot, étend ainsi ses conquêtes, depuis les éléments jusqu'au domaine des substances les plus compliquées, sans que l'on puisse assigner de limite à ses pro-

grès. Si l'on envisage par la pensée la multitude presque infinie des composés organiques, depuis les corps que l'art sait reproduire, tels que les carbures, les alcools et leurs dérivés, jusqu'à ceux qui n'existent encore que dans la nature, tels que les matières sucrées et les principes azotés d'origine animale, on passe d'un terme à l'autre par des degrés insensibles, et l'on n'aperçoit plus de barrière absolue et tranchée, que l'on puisse redouter avec quelque apparence de certitude de trouver infranchissable (1). »

Les progrès de la chimie contemporaine ont pleinement justifié ces prévisions. Les synthèses deviennent de plus en plus faciles à effectuer, au fur et à mesure que croît la complexité chimique des corps. Dans la chaîne infinie des composés organiques, les premiers termes étaient les plus difficiles à former. Presque tous les produits naturels ont pu être reproduits synthétiquement : l'alizarine par Græbe et Liebermann, l'indigo par Bæyer, les sucres par Fischer, etc. Pour les corps comme le caoutchouc dont la synthèse n'a pas encore été réalisée d'une manière satisfaisante, les essais tentés sont très encourageants et on est sur la voie de la solution.

(1) BERTHELOT. *La synthèse chimique*, p. 25.

La synthèse chimique permet, non seulement de reproduire les composés naturels, mais aussi de préparer à volonté une infinité de corps artificiels : parfums nouveaux qui rivalisent avec les parfums naturels les plus délicats, couleurs d'aniline dont l'éclat l'emporte sur celui des couleurs minérales ou végétales, composés thérapeutiques qui remplacent avec avantage les vieux remèdes extraits des plantes, etc. Comme l'écrivait Berthelot « la chimie crée son objet. Cette faculté créatrice, semblable à celle de l'art lui-même, la distingue essentiellement des Sciences naturelles et historiques. »

Dès ses premières publications, Berthelot a compris merveilleusement la valeur pratique, la signification profonde et la portée philosophique de la synthèse organique : « La synthèse, disait-il en 1864 en terminant ses leçons du Collège de France, nous conduit à la démonstration de cette vérité capitale, que les forces chimiques qui régissent la matière organique sont réellement et sans réserve les mêmes que celles qui régissent la matière minérale. Un tel résultat est acquis dès que l'on a prouvé que les dernières forces développent les mêmes effets que les premières et reproduisent les mêmes combinaisons : notion vraiment fondamentale, que l'analyse peut faire pressentir, mais

qu'elle est évidemment impuissante à établir. Ainsi, les lois chimiques qui régissent les substances organiques sont les mêmes que celles qui régissent les substances minérales. J'appelle votre attention sur la simplicité de ce résultat : il est conforme à cette tendance générale en vertu de laquelle les sciences se simplifient à mesure qu'elles deviennent plus parfaites, et tendent de plus en plus à rendre compte des phénomènes encore inexpliqués par l'intervention des forces déjà connues. »

Mais si Berthelot sentait toute l'importance des résultats qu'il avait obtenus, il en connaissait aussi les limites. Il fait remarquer quelque part, en parlant de la chimie physiologique, que si les corps des animaux sont des laboratoires où se produisent les actions chimiques, ces actions s'y exercent dans des conditions très délicates de température, de dissolution, d'affinités peu énergiques, en dehors desquelles la vie deviendrait impossible. Il restait donc à rechercher les conditions dans lesquelles les composés organiques, dont il avait fait la synthèse, prennent naissance au sein des êtres vivants. Ce problème est encore loin d'être complètement résolu ; du moins faut-il reconnaître à Berthelot le mérite de l'avoir posé nettement et d'en avoir préparé la solution.

La partie de l'œuvre de Berthelot consacrée à la synthèse chimique a eu le plus grand retentissement non seulement dans le monde savant, mais encore dans le public éclairé qui s'intéresse aux conclusions générales de la science et aux enseignements d'ordre philosophique qui s'en dégagent. « Vous avez, lui écrit Michelet le 6 août 1860 après avoir lu *La Chimie organique fondée sur la synthèse,* un prodigieux don de lumière. C'est le signe du génie. Comment se fait-il qu'ignorant comme je suis, j'aie pu lire si rapidement votre introduction et votre conclusion ? J'y trouve un mélange d'audace et de prudence qui m'émerveille. Vous avez des percées immenses. Quoi de plus admirable que ce que vous dites de la méthode, de l'utilité très secondaire qu'il y a à innover dans la nomenclature, etc. J'irai vous voir et vous dire encore mon admiration. Je vous ai non pas lu, mais bu comme une éponge... J'ai compris, je crois, plusieurs choses que je ne devais pas comprendre, n'ayant pas les précédents. Mais si bien conduit, j'allais, j'entrais, j'avais le rameau d'or. »

Au sujet du même ouvrage, Gaston Darboux, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, notait en 1907 : « Dès le premier jour, Berthelot nous apparaît tel qu'il devait être dans le reste de

sa carrière : en possession à la fois des principes et des méthodes, n'ayant plus rien à acquérir, ni en érudition, ni en puissance intellectuelle... Nos découvertes d'un jour sont, pour la plupart, vouées à l'oubli : utiles à leur heure, elles sont destinées à être remplacées, et en quelque sorte recouvertes, par les travaux de ceux qui nous succéderont... Mais quelques-uns des écrits de Berthelot, et c'est le plus bel hommage qu'on puisse leur rendre, me paraissent destinés à demeurer toujours classiques. Parmi eux, il faut placer au premier rang l'ouvrage en deux volumes : *La Chimie organique fondée sur la synthèse,* qu'après dix ans de recherches, il publiait en 1860, c'est-à-dire à l'âge de 32 ans. Je voudrais que l'on mît entre les mains de nos étudiants, trop habitués à se contenter de l'enseignement oral, ce livre merveilleux, dont l'introduction et la conclusion sont d'ailleurs accessibles même aux profanes. Le lecteur demeure confondu devant l'étendue et la portée des conceptions, la précision du style, la rigueur géométrique avec laquelle sont présentées les expériences, l'enchaînement régulier des résultats. Dans aucun autre ouvrage on ne verra jamais apparaître avec plus d'évidence les avantages que peuvent donner à un esprit, d'ailleurs puissant, les études littéraires et philosophiques,

la libre vie de l'étudiant, en commerce intime et prolongé avec ses égaux ou ses pareils (1). »

Henri Poincaré a dégagé fort nettement la conception philosophique qui a servi de fil conducteur à Berthelot :

« Dans ces recherches de synthèse, il avait eu sans doute des précurseurs, mais il est le premier qui ait entrepris systématiquement la construction des corps organiques en partant des éléments.

« Ce n'était pas encore créer la vie, et il ne semble pas que nous soyons près d'un semblable résultat ; c'était seulement créer sans la vie ce qu'on croyait que la vie seule pouvait faire.

« C'était cependant briser l'une des cloisons par lesquelles l'ignorance voulait diviser le monde en compartiments étanches ; l'univers semblait faire un pas vers l'unité. Berthelot sans doute se réjouissait à la fois de sa découverte et de l'appui qu'il croyait y trouver en faveur de ses convictions. Pasteur, au contraire, se réjouissait quand il avait montré ou cru montrer que la vie seule peut produire le pouvoir rotatoire. Il était de l'autre côté de la barricade.

(1) G. Darboux, *Journal des savants,* nouvelle série, 5e année p. 226 ; 1907.

« On doit se féliciter qu'il y ait des savants de génie des deux côtés de la barricade, quand ce sont des hommes d'une absolue bonne foi. C'est tantôt un parti, tantôt l'autre qui remporte une victoire ; mais chacune de ces victoires est une conquête pour la science, puisque c'est un fait nouveau (1). »

On se tromperait toutefois et l'on connaîtrait bien mal la nature humaine, si l'on s'imaginait que les découvertes de Berthelot sur la synthèse organique ne suscitèrent que des admirations. C'est le propre des hommes de génie d'être en butte aux attaques de la médiocrité. Viennent-ils à proposer une idée neuve ? On la traite de chimérique et on la combat à outrance. Puis quand, après de patients efforts, ils ont réussi à la faire triompher, on s'aperçoit qu'elle n'était pas aussi neuve qu'ils le prétendaient, et on leur trouve de nombreux précurseurs. Berthelot écrivait à propos des critiques que souleva l'œuvre de Lavoisier : « Les inventeurs obtiennent rarement une pleine justice auprès de leurs contemporains, et même de la postérité. Un sentiment inné de jalousie, entre les individus et entre les nations, les porte à contester l'originalité des découvertes.

(1) H. Poincaré, *Savants et écrivains*, p. 164.

Sans doute un homme de génie ne peut exercer son action que lorsque les temps sont mûrs et la connaissance des faits suffisamment avancée. Avant la découverte des gaz les travaux de Lavoisier eussent été impossibles. Sans doute, dira-t-on encore, il n'est point d'homme supérieur indispensable, qui ne puisse être remplacé dans un temps plus ou moins long par une série de travailleurs plus modestes. Mais un homme de génie accomplit en peu de temps l'œuvre de plusieurs générations : il donne une impulsion et il communique aux idées une empreinte personnelle et durable, que les gens médiocres ne sauraient fournir (1). »

On a voulu parfois restreindre le mérite de Berthelot à la réalisation d'un petit nombre de synthèses particulières sans voir la haute portée généralisatrice de ses méthodes et de ses conceptions. Du même point de vue on apprécierait l'œuvre de Lavoisier, non par la révolution profonde dont il a été le promoteur dans la pensée scientifique de son temps, mais par le nombre de corps nouveaux qu'il a préparés. Ce serait oublier que, suivant l'heureuse expression de Berthelot, un homme de génie « donne une impulsion et

(1) M. Berthelot, *La Révolution chimique. Lavoisier*, p. 142.

communique aux idées une empreinte personnelle et durable que les gens médiocres ne sauraient fournir ». On ne peut refuser à Berthelot, pas plus qu'à Lavoisier, le mérite d'avoir donné à la chimie une impulsion durable dans des voies singulièrement fécondes.

Voici d'ailleurs comment le grand chimiste allemand Liebig s'exprimait sur les synthèses réalisées par Berthelot, dans le rapport qu'il avait rédigé en 1869 pour le faire élire membre étranger de l'Académie des Sciences de Bavière : « Berthelot mérite d'être compté parmi les chimistes contemporains qui ont exercé la plus grande et la plus décisive influence sur le développement de la chimie organique ; il l'enrichit encore presque tous les jours avec de nouvelles et admirables découvertes ; c'est lui, en particulier, qui a réussi le premier à reproduire synthétiquement d'une manière directe l'acide formique au moyen de l'oxyde de carbone et l'alcool au moyen du gaz oléfiant. »

L'œuvre réalisée par Berthelot dans la synthèse chimique a été appréciée, nous semble-t-il avec beaucoup d'équité par l'éminent chimiste F. Jungfleisch qui fut le collaborateur de Berthelot, puis son successeur au Collège de France :

« De la synthèse chimique, Berthelot n'a cer-

tainement inventé ni le nom ni la chose. Les chimistes savaient avant lui produire par synthèse un grand nombre de composés non carbonés. Il n'en était pas de même pour les composés carbonés. Malgré la production synthétique de l'urée par Wohler, malgré quelques autres formations artificielles de substances organiques, que leurs natures rapprochent, il est vrai, des matières minérales, l'opinion générale refusait au chimiste la faculté de produire synthétiquement les principes de l'organisme animal ou végétal, leur formation, disait-on, le plus souvent, étant sous la dépendance de la *force vitale.* Berthelot a montré que cette distinction entre la chimie de la nature vivante et la chimie de la nature minérale n'est fondée sur aucune réalité ; ses expériences ont justifié sur ce point une idée philosophique qui lui était chère, l'unité des lois de la nature.

« En effectuant systématiquement la synthèse des corps organiques, il a établi l'unité de la science chimique ; il a, en outre, tracé à cette science une voie de développement dont le terme ne nous apparaît pas.

« Il importe peu à sa renommée que deux ou trois composés organiques, tels que l'urée et l'acide acétique, aient été produits synthéti-

quement, plus ou moins longtemps auparavant, si ces éclairs n'avaient pas dissipé la nuée, si la discussion de ces faits, très remarquables et très remarqués, avait conduit à des conclusions conformes aux idées antérieurement établies, si elle avait laissé inébranlée la doctrine différenciant les deux chimies par l'impossibilité de la synthèse organique. A cette doctrine, Berthelot a substitué la doctrine contraire.

« En chimie, le mouvement scientifique résulte toujours d'actions accomplies par des savants divers, suivant des directions d'esprit très voisines, communes même en beaucoup de points, savants entre lesquels la publication journalière de leurs travaux établit une solidarité intellectuelle sans cesse renouvelée. La synthèse organique apparaissait alors à quelques-uns, ainsi que l'a exprimé Wurtz, comme un idéal dont la réalisation semblait encore hors d'atteinte. Berthelot, guidé par une idée philosophique élevée, a eu la foi agissante ; il a établi et appliqué, avec l'ardeur et la fécondité d'invention qui le caractérisaient, les premières méthodes générales de synthèse, qui ont permis de produire systématiquement des composés organiques artificiels. Il a fourni ainsi le plus puissant des instruments employés à cons-

truire cet édifice admirable qu'est devenue aujourd'hui la chimie organique ; c'est surtout, en effet, par voie de synthèse qu'ont procédé les générations suivantes pour élever ce monument (1). »

La synthèse des pétroles.

Il n'entre pas dans le plan de ce livre d'indiquer même sommairement les travaux techniques par lesquels Berthelot s'est imposé à l'admiration des chimistes du monde entier. Nous ne pouvons cependant nous empêcher de mentionner ses belles recherches sur l'hydrogénation des composés organiques par une méthode absolument universelle. Cette méthode consiste à chauffer le corps dans un tube de verre scellé en présence d'une quantité convenable d'acide iodhydrique à des températures voisines de 275°. Sous l'influence de la chaleur, l'acide iodhydrique se dissocie en iode et en hydrogène, ce qui engendre une pression supérieure à cent atmosphères, et, dans ces conditions, l'hydrogène se fixe sur le corps à hydrogéner. Un composé organique quelconque est changé en un carbure d'hydrogène saturé

(1) Emile Jungfleisch, *Notice sur la vie et les travaux de Marcellin Berthelot*, p. 77.

renfermant le même nombre d'atomes de carbone. La méthode s'applique même à des corps très complexes comme le bois et les matières charbonneuses. Leur hydrogénation donne naissance à des carbures saturés, très voisins de ceux qui entrent dans la constitution du pétrole.

Il ne s'agit pas ici de réactions donnant des traces de produits difficiles à caractériser, comme cela arrive parfois en chimie. La presque totalité du corps utilisé est transformé en carbure. Dans le cas du bois, Berthelot indique qu'il s'est changé tout entier, sauf une trace de charbon, en carbures liquides, dont le poids représentait près des deux tiers de celui du bois mis en expérience. Les carbures liquides obtenus avec la houille représentaient soixante centièmes du poids de la houille primitive, c'est-à-dire un poids douze à quinze fois supérieur à celui du goudron que cette houille aurait pu fournir, ce qui prouve suffisamment que les nouveaux carbures dérivent de la matière charbonneuse elle-même.

Berthelot soulève à ce propos la question encore si controversée de l'origine des pétroles : « La formation des pétroles, dans la nature, ne doit-elle pas être attribuée à quelque réaction analogue à celles que j'ai observées ? soit que la houille et les débris organiques enfouis dans

les profondeurs du sol éprouvent quelque part l'influence réductrice de l'eau et des métaux alcalins, agissant simultanément ; soit peut-être même que ces débris organiques soient réduits par l'hydrogène libre ou naissant, dans des circonstances spéciales. Ils seraient ainsi ramenés à l'état de pétroles, de la même manière que le bois, l'humine, le charbon de bois, la houille, dans mes expériences (1). »

Les recherches précédentes de Berthelot sont redevenues d'actualité. Les pétroles jouant dans l'industrie un rôle de plus en plus important et les sources naturelles ne pouvant avoir qu'une durée limitée, on a étudié industriellement la fabrication synthétique des pétroles à partir de la houille. De nombreuses méthodes ont été proposées. Chose remarquable, la plupart reposent, comme celles imaginées par Berthelot, sur l'hydrogénation de la houille à des températures et sous des pressions élevées. Mais à l'époque où Berthelot réalisait ses expériences, l'emploi combiné des températures élevées et des hautes pressions n'était pas encore industriel. Les métallurgistes n'ont mis au point que récemment des métaux et des alliages capables de supporter

(1) Berthelot, *Les Carbures d'hydrogène*, t. III, p. 280.

des pressions atteignant des centaines d'atmosphères sous des températures supérieures à 300°. George Claude notamment a contribué à créer, à propos de la fabrication synthétique du gaz ammoniac sous haute pression, toute une série de compresseurs, de chambres de réactions et de tubes de communication, avec lesquels on a repris industriellement la fabrication synthétique des pétroles indiquée par Berthelot de 1865 à 1869. Sur ce point ses recherches étaient en avance de plus d'un demi-siècle.

II. — La Thermochimie.

Exposé général des recherches sur la thermochimie.

Quand on met en présence deux ou plusieurs corps, il peut arriver qu'ils restent inertes et inaltérés, ou bien qu'ils se combinent brusquement, ou encore qu'ils réagissent lentement. Ainsi, aucune combinaison ne prend naissance dans un mélange de chlore et d'oxygène ; versé dans une solution de soude, l'acide sulfurique donne, au contraire, lieu à une réaction très vive ; un mélange d'alcool et d'acide produit un éther par une transformation lente et progressive qui n'est souvent terminée qu'au

bout de plusieurs années. On se contentait autrefois d'attribuer aux corps, sous le nom d'*affinité*, une qualité occulte par laquelle on croyait expliquer les différences constatées dans leurs actions mutuelles : le chlore et l'oxygène, disait-on, n'ont aucune affinité l'un pour l'autre, tandis que l'acide sulfurique et la soude en ont une très grande.

Ces différences d'affinité, Berthelot s'est proposé non de les expliquer — leur cause profonde nous est encore fort mal connue —, mais de les exprimer par des nombres. Les évaluations numériques ont toujours une grande importance dans l'étude d'un phénomène : « Je dis souvent, écrivait Lord Kelvin, que si vous pouvez mesurer ce dont vous parlez et l'exprimer par un nombre, vous savez quelque chose de votre sujet ; mais si vous ne pouvez pas le mesurer, si vous ne pouvez pas l'exprimer par un nombre, vos connaissances sont d'une bien pauvre espèce et bien peu satisfaisantes ; ce peut être le commencement de la connaissance, mais vous êtes à peine, dans vos pensées, avancés vers la science, quel qu'en puisse être l'objet. »

Berthelot eut l'idée de mesurer l'affinité de deux corps par la chaleur que dégage leur combinaison. Cette affinité est d'autant plus grande que la combinaison dégage plus de chaleur. Elle

peut être considérée comme négative lorsque, pour obliger les deux corps à s'unir, il faut leur fournir de la chaleur ou tout autre forme d'énergie.

Sans doute l'idée n'était pas absolument neuve. Lavoisier et Laplace, Fabre et Silbermann, Regnault, Thomsen et quelques autres, avaient déjà appliqué la calorimétrie à l'étude de la chimie. Un certain nombre des conclusions de Berthelot ne font même que généraliser et préciser des lois énoncées antérieurement. On ne peut cependant méconnaître que, sans être absolument un créateur dans cette partie de la science, Berthelot ne l'ait marquée d'une empreinte profonde et ne lui ait imprimé une impulsion nouvelle. Il en a renouvelé les techniques, les rendant tout à la fois simples, rapides et précises. Il a rassemblé et comparé les résultats des mesures, de manière à grouper les faits chimiques en un ensemble cohérent ; par là, il a pu rationaliser la chimie, substituer dans bien des cas la déduction à l'empirisme, idéal vers lequel doit tendre l'explication scientifique. Il a même formulé une loi permettant de prévoir le sens des réactions chimiques.

Ce sont ses études sur la synthèse chimique qui l'orientèrent vers la thermochimie. Lors de la synthèse de l'acide formique par l'union de

l'oxyde de carbone et de l'eau en présence des alcalis, il fut frappé de la lenteur avec laquelle s'accomplissait la réaction et il chercha à en découvrir la raison. Se fondant sur les données numériques antérieures de Fabre et Silbermann, il établit par le calcul que la combinaison de l'oxyde de carbone et de l'eau s'effectue avec une absorption de chaleur, c'est-à-dire que l'acide formique est, par rapport à ses constituants, ce qu'il a appelé un composé endothermique. Il vérifia par l'expérience qu'inversement la décomposition de l'acide formique en eau et oxyde de carbone dégage de la chaleur et constitue une réaction exothermique. Pouvait-on, comme le pensaient quelques chimistes, interpréter les faits analogues aux précédents par des différences de structure moléculaire ? « L'explication du phénomène, dit-il, comme celle de tous les effets où la chaleur intervient, doit être cherchée, à mon avis, dans des expériences de physique et de mécanique, et non dans des arrangements fictifs de formule. » Il résolut « de jeter les bases d'une science nouvelle, destinée à transformer la chimie, en la ramenant à des notions rationnelles et fondées sur les lois de la mécanique proprement dite. »

Cette œuvre, il la poursuivit sans relâche

durant près d'un demi-siècle, avec une persévérance et une force de travail qui excitèrent une admiration universelle. Dans l'adresse qu'ils lurent, au nom de la Société Chimique allemande de Berlin, lors du jubilé scientifique de Berthelot, les célèbres savants Van t'Hoff et Emile Fischer lui disaient : « C'est proprement de gigantesque que nous devons qualifier le travail que vous avez consacré pendant près de quarante années à la Thermochimie ; car indépendamment des méthodes accomplies qu'elle vous doit et qui ont atteint, avec l'invention de la bombe calorimétrique, le plus haut point d'exactitude, la majorité des données qui se trouvent réunies dans votre monumentale *Thermochimie* sont dues à vous ou à vos élèves (1). »

Berthelot marqua tout d'abord son empreinte dans le domaine thermochimique en perfectionnant et en renouvelant les techniques utilisées avant lui. Les méthodes calorimétriques en usage jusque là, et notamment celles de Regnault, étaient sans doute d'une précision remarquable ; mais

(1) De nombreux chercheurs se groupèrent, en effet, autour de Berthelot pour s'initier aux mesures thermochimiques, et devinrent ses collaborateurs. Citons parmi les Français : Ditte, Sabatier, Guntz, de Forcrand, Matignon, Delépine, Landrieux, etc., et parmi les étrangers : Louguinine, Chroustchoff, Ilosway, Stohmann, Werner, etc.

elles utilisaient des instruments compliqués et nécessitaient des corrections longues et laborieuses. Elles convenaient aux physiciens, mais non aux chimistes. Il est possible à un physicien de consacrer des mois et parfois des années à déterminer avec une grande précision une seule donnée thermique, telle que l'équivalent mécanique de la calorie ; un chimiste, au contraire, a besoin d'obtenir rapidement un ensemble de données numériques variées sur les corps simples ou composés qu'il étudie. Berthelot créa une série d'appareils dont l'emploi s'est généralisé dans les laboratoires de tous les pays. La précision y est atteinte par des moyens d'une simplicité remarquable (1).

Il put ainsi obtenir un nombre immense de

(1) Berthelot a réduit à peu de chose la correction de refroidissement, cauchemar des physiciens qui suivaient les anciennes méthodes de Regnault, au moyen de l'enveloppe d'eau de son calorimètre et de l'agitation mécanique qui régularisent le refroidissement, ainsi que par l'emploi de thermomètres calorimétriques sensibles au deux-centième de degré, permettant d'effectuer les expériences avec des écarts de température ne dépassant pas un à deux degrés.

Le génie inventif de Berthelot se manifesta avec plus d'originalité encore par la création de chambres à réaction adaptées aux différents problèmes à étudier. Celle qu'il imagina pour mesurer les chaleurs de vaporisation est restée classique par son élégante simplicité. Le plus remarquable de ces appareils est la bombe calorimétrique permettant d'effectuer la combustion des corps dans l'oxygène comprimé. Un dispositif de ce genre avait été proposé par Vieille pour l'étude des explosifs. Berthelot lui donna la forme pratique qui en a fait l'instrument fondamental de la calorimétrie.

données numériques portant sur l'infinie variété des substances minérales et des substances organiques, qui sont encore aujourd'hui couramment utilisées par les chimistes, les physiciens, les ingénieurs, les artilleurs, les biologistes, etc. Leur ensemble constitue, suivant l'expression de Van t'Hoff et de Fischer, une œuvre « monumentale » qui ne peut être comparée qu'à celle réalisée dans un domaine voisin par Regnault.

Pour relier quelques uns des résultats les plus généraux de ses mesures, Berthelot énonça trois principes qui servirent de base à la thermochimie.

D'après le *principe des travaux moléculaires*, les travaux positifs ou négatifs qu'accomplissent les forces moléculaires qui échappent à notre observation se traduisent par des absorptions ou des dégagements de chaleur équivalents : « La quantité de chaleur dégagée dans une réaction quelconque mesure la somme des travaux chimiques et physiques accomplis dans cette réaction. »

Le principe de l'état initial et de l'état final introduit une grande simplification dans les déterminations thermochimiques. Pourvu qu'on connaisse l'état d'où part un système et l'état auquel il aboutit, la chaleur mise en jeu dans la transformation a un sens parfaitement précis,

quelles que soient les réactions qui ont amené le système de l'un des états à l'autre : « Si un système de corps simples ou composés, pris dans des conditions déterminées, éprouve des changements physiques ou chimiques, capables de l'amener à un nouvel état, sans donner lieu à aucun effet mécanique extérieur au système : la quantité de chaleur dégagée ou absorbée, par l'effet de ces changements, dépend uniquement de l'état initial et de l'état final du système ; elle est la même, quelles que soient la nature et la suite des états intermédiaires. »

Les deux énoncés précédents sont d'une rigueur inattaquable, mais peut-être est-il exagéré de les qualifier de principes. Ils sont l'un et l'autre des conséquences d'un principe beaucoup plus général deviné par le génie de Sadi Carnot, énoncé pour la première fois par Mayer, établi définitivement par les travaux théoriques d'Helmholtz et par les expériences de Joule : le *principe de la conservation de l'énergie.* Mais comme ils devaient servir de base à une science nouvelle, on ne peut s'étonner outre mesure que Berthelot leur ait attribué la valeur de principes.

Le *principe du travail maximum,* qui aurait pû être appelé plus justement le principe de la chaleur maxima, permet de prévoir la réaction qui

se produira lorsqu'on met plusieurs corps en présence dans des conditions déterminées : « Tout changement chimique accompli sans l'intervention d'une énergie étrangère, à température constante, tend vers la production du corps, ou du système de corps qui dégage le plus de chaleur. »

A l'époque où Berthelot commença ses recherches, les données numériques qu'on possédait ne permettaient de confronter ce principe avec l'expérience que dans un très petit nombre de cas. Aussi entreprit-il de longues séries de mesures systématiques sur les différents corps de la chimie minérale et de la chimie organique. Il en publia presque au jour le jour les résultats dans les *Annales de chimie et de physique*, où leur description occupe plus de 2000 pages dans les dix années qui suivent 1869. Ces résultats épars furent ensuite groupés systématiquement dans un ouvrage intitulé *Essai de mécanique chimique fondée sur la thermochimie*, qui parut en 1879 (1). « J'ai fini mon livre, écrit-il

(1) M. Berthelot. *Essai de mécanique chimique fondée sur la thermochimie*. 2 vol., Dunod, Paris ; 1879. — Berthelot a rassemblé plus tard l'ensemble des données thermochimiques dans : *Thermochimie, données et lois numériques*, 2 vol., Paris, Gauthier-Villars ; 1897. Il a également publié un *Traité pratique de calorimétrie chimique*, 1 vol., Paris, Gauthier-Villars.

à Renan, livré les dernières pages manuscrites (errata et additions) hier ; je compte donner les derniers bons à tirer à la fin de la semaine et je regarde, non sans quelque mélancolie, ce grand travail de seize ans terminé : voilà six ans, tout compte fait, que la rédaction seule m'en préoccupe et que je n'ai point donné de longues pensées à autre chose. J'ai veillé sur mon œuvre et la voici livrée aux *disputationes*. De quel côté me tourner, quelle entreprise nouvelle aborder ? Depuis le livre de la *Synthèse* jusqu'à la *Mécanique chimique*, il s'est écoulé vingt ans. Je ne dois pas espérer en retrouver vingt autres, surtout d'activité et de force intellectuelle, pour le travail du laboratoire et celui du cabinet (1). »

Il devait cependant consacrer encore de longues recherches à la thermochimie et diriger dans cette voie les efforts de ses collaborateurs et de ses élèves. Il eut besoin, en effet, d'un très grand nombre de données numériques pour répondre aux critiques souvent violentes et passionnées dont fut l'objet cette partie de son œuvre.

Les belles expériences d'Henri Sainte-Claire Deville sur la dissociation, contemporaines des

(1) Renan et Berthelot, *Correspondance*, p. 479.

recherches thermochimiques de Berthelot, manifestaient aux températures élevées de nombreux faits en opposition avec le principe du travail maximum. Elles montraient qu'à ces températures élevées les corps formés avec dégagement de chaleur, comme l'eau, l'oxyde de carbone, l'anhydride sulfureux, l'anhydride carbonique, l'acide chlorhydrique, se décomposent. tandis que se produisent des combinaisons mettant en jeu une absorption de chaleur, comme celles qui donnent naissance à l'eau oxygénée, à l'acide sélénhydrique, l'acide tellurhydrique. Ces faits, qu'il semblait bien difficile de concilier avec le principe du travail maximum, vinrent bientôt se ranger sous les lois de la thermodynamique.

Le physicien Moutier consacra ses efforts à édifier une mécanique chimique fondée sur la thermodynamique, et établit, en 1876, entre les réactions exothermiques et les réactions endothermiques, une opposition insoupçonnée jusque-là : de deux réactions inverses l'une de l'autre, la réaction exothermique est celle qui se produit à la température la plus élevée.

Cette mécanique chimique nouvelle se développa surtout à l'étranger sous l'influence de Hortsmann, Gibbs, Helmholtz et Van't Hoff. Il

serait vain de dissimuler l'intérêt des doctrines édifiées par ces savants. Sans entrer dans leur détail, indiquons-en simplement les résultats et montrons en quoi ils diffèrent de la loi de Berthelot.

En toute généralité, une réaction spontanée peut dégager ou absorber de la chaleur ; mais accomplie à volume et à température constants, par voie réversible, elle doit produire du travail : à température et à volume constants, toute réaction s'effectue dans un sens tel que le travail maximum soit positif. Telle est la loi qui, conformément aux déductions les plus certaines de la thermodynamique, doit être substituée à celle que, dans son système thermochimique, Berthelot appelait le principe du travail maximum. Le travail effectué contre les forces extérieures y joue le rôle que Berthelot attribuait à la chaleur dégagée par la réaction et mesure d'une manière rigoureuse l'affinité chimique.

La discussion des conséquences de cette loi montre, qu'aux basses températures, conformément à la loi de Berthelot, une réaction ne saurait être possible que si elle dégage de la chaleur, à condition toutefois que les corps participant à la réaction soient tous solides ou liquides et ne comprennent aucun gaz ni aucune solu-

tion. En toute rigueur le principe de Berthelot ne serait vrai qu'au zéro absolu. Cependant dans la grande majorité des cas, il s'applique aux températures ordinaires, et sa valeur comme règle pratique est incontestable.

C'est ce qu'avec son sens chimique profond, Berthelot avait fort nettement perçu. Il consacra de nombreuses recherches à concilier avec le principe les exceptions que lui signalaient ses contradicteurs. Dans chacune d'elles, il cherchait à découvrir le phénomène physique, fusion, vaporisation, dissolution, dont la chaleur se superposait à celle due à la réaction chimique proprement dite, de manière à calculer la chaleur que fournirait la réaction, si elle se produisait entre corps solides. Par là, bien des objections purent être levées. (1)

« En fait, écrit H. Le Chatelier, le principe thermo-chimique du travail maximum n'est

(1) L'exactitude du principe du travail maximum rapporté à l'état solide a été mise en lumière en 1884 dans une belle étude de G. Lippmann sur les piles.

Lippmann montre, en effet, que la différence établie par Helmholtz entre la chaleur chimique et la chaleur voltaïque (différence qui explique les dérogations à la règle du travail maximum) ne prend une valeur appréciable que dans les piles où il y a changement d'état physique des corps. Il y a égalité entre la chaleur chimique et la chaleur voltaïque toutes les fois qu'on peut appliquer la loi de Kopp et Wœstyn qui est très sensiblement vraie pour l'état solide.

qu'approché, ses vérifications sont d'autant plus nombreuses que les trois conditions suivantes sont plus complètement remplies :

« 1° Température très basse se rapprochant du zéro absolu. La température ambiante peut être considérée comme en étant déjà assez rapprochée.

« 2° Réactions de substitution, dans lesquelles les composés existant avant et après la réaction sont de nature chimique correspondante et se trouvent deux à deux dans le même état physique...

« 3° Réactions entre corps tous solides donnant des produits également solides.

« Il n'y a jusqu'ici aucune exception sûrement constatée au principe du travail maximum pour les deux derniers cas envisagés ci-dessus. » (1)

Nernst, qui a approfondi par la théorie et par l'expérience le problème de l'affinité chimique, a reconnu combien heureuse avait été la grande idée directrice de Berthelot : prévoir les réactions chimiques en partant de données purement thermiques. « La règle de Berthelot, écrit-il, que nous ne pouvons admettre comme une loi naturelle absolue, se vérifie trop souvent pour que nous puissions la passer sous silence ; il ne serait donc

(1) H. Le Chatelier, *Leçons sur le carbone*, p. 221.

pas plus absurde de l'admettre comme absolue que de n'en tenir aucun compte. On ne songe pas toujours dans l'étude de la nature qu'une règle qui est vérifiée dans beaucoup de cas, mais qui dans quelques-uns tombe en défaut, peut contenir un noyau de vérité qui attend d'être dépouillé de son enveloppe... Il me semble, comme je l'ai toujours affirmé, qu'il est possible qu'un jour le principe de Berthelot s'impose de nouveau sous une forme rajeunie... » (1)

Un autre chimiste autorisé a souligné à diverses reprises l'importance du principe de Berthelot qui vise à déduire les propriétés chimiques des corps de leurs seules propriétés thermiques : « Nul ne peut contester que cette manière de voir n'ait une portée considérable. Elle signifie, en effet, que les propriétés chimiques des corps dépendent éventuellement de leurs propriétés physiques, ce que Berthollet avait clairement exprimé par pure intuition, et ce que la thermodynamique prouve d'une manière irréfutable. Mais, si la thermodynamique met en évidence des relations entre les propriétés chimiques et les coefficients thermiques, elle est impuissante à déduire les propriétés chimiques des coefficients thermiques

(1) Nernst, *Traité de Chimie générale*, t. II, p. 318 ; 1923. (Traduction française, 2e édition).

seuls. Or, le principe du travail maximum apportait dans cet ordre d'idées une approximation si féconde qu'on ne pouvait douter de l'existence de lois rigoureuses s'y rapportant (1). »

Berthelot, qui avait longuement médité sur l'histoire des sciences, ne pouvait ignorer que les théories sont destinées à évoluer, à devenir plus compréhensives et plus fécondes. Aussi n'avait-il garde de croire son œuvre immuable. « Les faits et les relations positives établis aujourd'hui en thermochimie, écrivait-il dès 1879 comme conclusion à son *Essai de mécanique chimique*, ne sauraient être renversés ; mais ils sont susceptibles d'être développés et perfectionnés indéfiniment par l'introduction de notions et de faits nouveaux. »

On ne saurait refuser à l'œuvre thermochimique de Berthelot le mérite d'avoir été féconde. Elle a suggéré entre les corps des rapprochements intéressants, suscité de nombreuses recherches, et elle est encore aujourd'hui couramment utilisée par les chimistes pour prévoir le sens des réactions inconnues (2). Peut-être ne sera-t-elle qu'une étape

(1) G. Urbain, *Revue scientifique*, p. 70 ; 1916.

(2) Ainsi les données thermochimiques servent de point de départ aux calculs de la mécanique chimique, sans lesquelles deux des plus belles conquêtes réalisées par la chimie au cours de ces der-

vers une connaissance plus complète des phénomènes chimiques. Mais est-ce autrement que progressent les diverses sciences et chacune d'elles est-elle autre chose que l'accumulation des approximations successives par laquelle l'esprit humain tente de s'approcher de la vérité sans même avoir l'espérance de l'atteindre tout entière ?

Les matières explosives.

Durant la guerre de 1871, Berthelot fut nommé par le gouvernement président du *Comité scientifique pour la défense de Paris.* Il fut ainsi amené à s'occuper de la fabrication des poudres de guerre et des matières explosives. Il eut l'idée, pour en comparer l'efficacité, de mesurer au calorimètre la chaleur que dégage leur décomposition. Les renseignements qu'il obtint ainsi lui firent concevoir l'intérêt que pourrait présenter l'étude systématique des matières explosives par les méthodes thermochimiques.

Pendant longtemps les progrès réalisés dans la fabrication des poudres et dans l'art de les employer furent lents et incertains, parce qu'ex-

nières années, la synthèse de l'ammoniac et celle de l'acide nitrique, n'eussent pu être réalisées.

clusivement empiriques. C'est au XVIIe siècle, par l'application des lois théoriques relatives aux gaz, que l'on commença à concevoir le véritable caractère de l'explosion.

Les artilleurs, exercés au maniement des formules mathématiques, s'efforcèrent d'expliquer et de prévoir les conditions générales des réactions qui s'accomplissaient dans leurs armes. Mais ils étudiaient la force des matières explosives uniquement par ses effets balistiques, sans se préoccuper des causes tant chimiques que mécaniques qui la produisaient.

Bunsen et Schichkoff, en 1857, mesurèrent bien le volume des gaz que produit la combustion de la poudre noire et la chaleur qu'elle dégage, mais ils ne tirèrent pas de leurs résultats des conclusions générales. L'invention du coton-poudre, de la nitroglycérine et des picrates, souleva de nouveaux problèmes. On conçoit l'importance du travail par lequel, en 1870, Berthelot montrait qu'on pouvait prévoir les propriétés caractéristiques d'une substance explosive, connaissant sa formule chimique et l'énergie que dégage sa décomposition.

Cet essai d'interprétation fut d'abord consigné dans un opuscule publié pendant le siège de Paris sous le titre : *La Force de la poudre et des matières explosives.* Dès le début, Berthelot pose

avec sa netteté coutumière les idées qu'il précisera ensuite dans un grand nombre de publications :

« Pour définir, dit-il, la force des matières explosives, quatre données sont nécessaires, savoir :

« 1° La composition chimique de la matière explosive ;

« 2° La composition des produits de l'explosion ;

« 3° Le volume des gaz formés ;

« 4° La quantité de chaleur dégagée dans la réaction.

« Cette dernière quantité mesure le travail maximum qui puisse être produit par la matière explosive ; tandis que la pression initiale résulte du volume des gaz formés et de leur température...

« La matière explosive peut être, soit un mélange, comme les poudres au nitrate de potasse, au nitrate de soude, au chlorate de potasse, etc., soit un composé défini, tel que le chlorure d'azote, la nitroglycérine, la poudre-coton, le picrate de potasse, etc. »

La brochure était consacrée à discuter les renseignements que fournissaient les données pré-

cédentes sur les effets des explosifs alors connus. Elle fut rapidement épuisée, et, dès 1872, Berthelot en publia une nouvelle édition considérablement augmentée.

Ses vues, si nouvelles et si fécondes, attirèrent l'attention des techniciens les plus qualifiés. En 1874, l'Académie des Sciences le désigna au Ministre de la Guerre pour faire partie du Comité consultatif des Poudres et Salpêtres. En 1878, la *Commission des substances explosives* étant créée pour éclairer l'Administration de la guerre « sur les inventions réelles ou prétendues de matières explosives qui se produisent chaque jour » et pour « fournir au Comité consultatif des Poudres et Salpêtres et au service des Poudres et Salpêtres les moyens d'approfondir l'étude des questions qui peuvent lui être soumises », Berthelot en fut nommé président. Il se trouva ainsi placé dans des conditions particulièrement favorables au développement de ses travaux sur les matières explosives. La Commission disposait, en effet, pour ses expériences des ressources du Dépôt central des Poudres et Salpêtres à Paris, ainsi que du champ d'expériences et du champ de tir de la Poudrerie de Sevran-Livry. Elle comprenait des techniciens distingués, parmi lesquels Berthelot trouva des col-

laborateurs éminents, Sarrau et Vieille. Les recherches entreprises sous sa direction, en fixant ou en coordonnant les diverses propriétés des substances explosives, fournirent aux praticiens des renseignements précis du plus vif intérêt. Grâce à elles, on put connaître avec exactitude les effets produits par les explosifs les plus divers, et calculer à l'avance la vitesse imprimée à un projectile par une poudre de composition donnée. Jamais de telles précisions n'avaient été apportées dans cet ordre de phénomène.

Les théories de Berthelot ont été l'origine de nombreux perfectionnements dans la fabrication des explosifs. Elles conduisirent Vieille à la découverte de la poudre sans fumée qui assura pendant plusieurs années la supériorité de l'armement français sur l'armement allemand.

En collaboration avec Vieille, Berthelot précisa le mode de propagation des explosions. Il montra que l'explosion des mélanges tonnants se propage suivant un mécanisme, insoupçonné jusque-là, qui rappelle par plusieurs de ses traits le mécanisme de propagation de l'onde sonore. Les points atteints par la combinaison forment à chaque instant une véritable onde, appelée *onde explosive*, qui se transmet à travers

les milieux avec une vitesse bien supérieure à celle du son ; cette vitesse atteint par exemple 2.800 mètres par seconde pour le mélange tonnant d'oxygène et d'hydrogène. La notion d'onde explosive a été approfondie et précisée depuis Berthelot par un grand nombre de chercheurs ; elle constitue suivant l'opinion du célèbre physico-chimiste allemand Nernst « une découverte de génie ».

En 1883, Berthelot fit paraître en deux gros volumes une troisième édition de l'opuscule primitif avec un titre légèrement modifié : *Sur la force des matières explosives d'après la thermochimie.* L'ouvrage est divisé en trois parties : la première comprend les principes généraux, la deuxième contient l'exposé des recherches thermochimiques de Berthelot sur les composés de l'azote, qui sont fondamentaux dans la fabrication des matières explosives. La troisième est relative à l'application des principes précédents au calcul de la force des matières explosives telles que : gaz explosifs et mélanges gazeux, composés explosifs non carbonés, éthers azotiques, dynamite, fulmicoton, picrates, poudres à base d'azotates, poudres à base de chlorates, etc.

On pourrait croire qu'un tel ouvrage ne saurait

intéresser que les spécialistes. Mais Berthelot savait toujours élargir les points de vue et en bien des pages il s'élève au-dessus des questions de technique. Citons, à titre d'exemple, la conclusion relative à la philosophie des matières explosives :

« L'étude des matières explosives a quelque chose qui séduit l'imagination, et cela à un double point de vue : en raison de la puissance qu'elle met entre les mains de l'homme, et en raison des notions plus profondes qu'elle nous permet d'acquérir sur le jeu des forces naturelles, amenées à leur plus haut degré d'intensité.

« Au premier point de vue, la découverte de la poudre à canon et surtout l'application de sa force explosive au jet des projectiles ont marqué une ère nouvelle dans l'histoire du monde. C'est ici l'un des progrès les plus décisifs, parmi ceux qui ont concouru à amener la prépondérance des races savantes et civilisées sur les races barbares. L'écart entre le mode d'armement des unes et des autres n'était pas suffisant jusque-là pour ne pas être parfois surmonté par l'effort surexcité des énergies individuelles. C'est là, en effet, ce qui avait permis aux barbares de renverser la savante orga-

nisation de l'empire romain. C'est par là que les tribus nomades de l'Arabie, fanatisées par l'islamisme, avaient détruit au VIIe siècle l'empire persan et enlevé à l'empire byzantin ses plus belles provinces. Un tel effort avait suffi pour que les hordes sauvages des cavaliers mongols, sortis des déserts de l'Asie centrale, aient réussi à établir au XIIIe siècle, de la Pologne aux mers de Chine, sur les débris des civilisations chinoise et arabe, le plus vaste empire qui ait été connu jusqu'ici.

« Au contraire, depuis l'emploi régulier des matières explosives à la guerre, les retours offensifs, jusque-là périodiques, de la barbarie ont cessé de se produire. Si de telles catastrophes paraissent désormais impossibles, si la puissance des races européennes s'étend partout à la surface de la terre, nous devons en savoir gré à la prépondérance insurmontable que les instruments scientifiques assurent aux races civilisées. Ce sont là des instruments que les races barbares ne sauraient ni construire, faute de connaissances théoriques suffisantes, ni maintenir longtemps en état ; alors même qu'elles auraient réussi à se les procurer à prix d'or et à en connaître le maniement. Dès son apparition, la poudre de guerre a produit des effets

comparables à ceux de l'Imprimerie ; elle a mis fin à la féodalité et assuré la prépondérance des pouvoirs centralisés : seuls capables de former les approvisionnements nécessaires et de fabriquer ces engins nouveaux, capables de détruire aisément les plus puissantes des anciennes forteresses.

« Cette forme rationnelle et scientifique de la civilisation s'accentue chaque jour davantage. Le XVIIIe siècle en avait proclamé l'avènement prochain ; le XIXe l'a réalisé et étendu à tous les ordres d'activité.

« Mais de là résulte une nouvelle conséquence, qu'il importe de ne jamais oublier. En effet, tous les peuples civilisés sont obligés pour conserver leur puissance matérielle, c'est-à-dire sous peine de déclin, de maintenir chacun chez soi le niveau des connaissances théoriques au point le plus élevé. Dans tous les ordres, dans celui des matières explosives en particulier, les armées se sont doublées de groupes de savants, principalement occupés à développer incessamment la théorie et à en contrôler continuellement les conséquences *a priori* par les vérifications expérimentales.

« Aucune force peut-être à cet égard n'est plus étonnante que celle que l'on tire des ma-

tières explosives ; puissance également utile ou dangereuse, suivant la direction que lui donne la volonté humaine : car la matière est indifférente à nos intentions. C'est ainsi que nous avons vu de notre temps, à côté des applications les plus utiles à l'industrie ou les plus efficaces pour la guerre, l'emploi de ces matières proposé par des esprits exaltés, dans le but de changer par la force révolutionnaire et par la politique de la dynamite l'organisation des sociétés humaines. De grandes illusions se sont même élevées à cet égard. La force des matières explosives peut servir d'agent à des actes de vengeance individuelle ; mais elle n'est guère susceptible d'être mise en œuvre d'une façon générale par des individus isolés ; je dis de façon à produire des effets généraux sur la Société. De tels résultats exigent des engins coûteux, lents à construire, mis en œuvre par des bataillons disciplinés ; bref, une organisation savante et compliquée, organisation qu'un gouvernement seul peut coordonner et mettre en branle (1)... »

(1) Berthelot, *Sur la Force des matières explosives d'après la thermochimie*, t. II, p. 348.

Chaleur animale. — Energétique alimentaire.

Parmi les applications de la thermochimie, l'une des plus importantes est l'étude de la chaleur que produisent les êtres vivants. Lavoisier est le premier qui ait mesuré cette chaleur et se soit efforcé d'en déterminer l'origine. Ayant établi que dans la respiration l'organisme absorbe de l'oxygène et rejette du gaz carbonique, il fut conduit à assimiler la respiration à une combustion lente dans laquelle l'air fournit l'oxygène, tandis que le sang apporte le combustible sans cesse renouvelé par les aliments ; la chaleur serait ainsi entretenue dans le corps humain par la combinaison du carbone et de l'oxygène. En 1783, Lavoisier et Laplace mesurèrent, avec un calorimètre de leur invention, la chaleur dégagée par un animal, et montrèrent qu'elle est approximativement la même que celle d'une bougie dont la combustion produit le même volume de gaz carbonique. Plus tard, Lavoisier reconnut qu'une partie de la chaleur animale tient à la combustion de l'hydrogène que renferment les aliments.

Où s'opère cette combustion ? Lavoisier supposa d'abord qu'elle avait lieu dans le poumon, puis il admit, sans preuves très convaincantes,

qu'elle devait se produire dans toute l'étendue du corps humain.

Effectivement, les réactions qui suivent la fixation d'oxygène par le sang et donnent lieu à un dégagement de gaz carbonique ont lieu dans toute l'étendue de l'organisme par l'intermédiaire de phénomènes qu'ont étudiés minutieusement les physiologistes et les chimistes du XIX^e^ siècle, mais dont Lavoisier ne pouvait soupçonner ni l'importance, ni la complexité. Les recherches de Dulong, de Regnault, de Boussingault et d'un certain nombre de savants, ont ensuite précisé quelques points relatifs à l'origine et à la mesure de la chaleur animale. Mais on admettait jusqu'à Berthelot que la chaleur dégagée pendant un certain temps pouvait être calculée d'après les poids d'eau et d'acide carbonique produits, comme si l'hydrogène et le carbone brûlés eussent été libres. En réalité, le carbone et l'hydrogène existent dans les aliments à l'état combiné. Or, la chaleur de combustion d'un corps composé est égale à la somme des chaleurs de combustion des éléments qu'ils renferment, diminuée ou augmentée de la chaleur de formation du composé, suivant qu'il est exothermique ou endothermique.

C'est ce point précis, très important, que Ber-

thelot a établi et dont il a développé toutes les conséquences. Il lui fallait connaître pour cela la chaleur de formation et la chaleur de combustion des composés qui interviennent dans l'alimentation, de ceux qui prennent naissance dans l'économie, et de ceux qui sont éliminés. Aussi a-t-il déterminé, et fait déterminer par ses élèves, les chaleurs de formation et de combustion de très nombreuses substances organiques et notamment des aliments les plus variés : sucres, graisses et albuminoïdes. Ces données ont une grande importance pratique. Elles servent de base aux physiologistes pour fixer les règles essentielles de l'hygiène alimentaire.

De toutes ces mesures, il résulte que la combustion lente, c'est-à-dire la combinaison avec l'oxygène des aliments, n'est pas la seule source de chaleur animale, qu'une grande partie de celle-ci tient à des réactions d'hydratation et de dédoublement s'accomplissant dans l'organisme. Mais, connaissant toutes ces réactions, on peut calculer avec exactitude la chaleur animale. D'où cette conclusion que les transformations d'une substance donnée mettent en jeu la même quantité de chaleur, qu'elles se produisent dans un être vivant ou qu'elles soient réalisées dans le laboratoire ; l'entretien de la vie ne consomme aucune énergie qui lui soit propre. Ces faits s'ac-

cordent avec la théorie chère à Claude Bernard et toujours soutenue par Berthelot, d'après laquelle les phénomènes physico-chimiques suivent les mêmes lois, qu'ils se produisent au sein des êtres vivants ou dans la matière brute.

Equilibres chimiques et lois de l'éthérification.

On croyait autrefois que toutes les réactions de la chimie devaient être ce qu'on appelle aujourd'hui des *réactions totales*, se produisant jusqu'à disparition totale des corps susceptibles de réagir. Ainsi l'action de l'acide chlorhydrique sur le zinc se poursuit tant qu'il reste de l'acide chlorhydrique et du zinc.

Avec la collaboration de Péan de Saint-Gilles, Berthelot établit, en un travail capital, qu'il n'en est pas toujours ainsi et que des systèmes chimiques peuvent n'être plus le siège d'aucune transformation, ou, comme on dit, demeurer en *équilibre*, alors qu'ils renferment encore des corps susceptibles d'agir les uns sur les autres.

Mettons en présence un nombre égal de molécules d'acide acétique et d'alcool ordinaire. Une réaction se produit, appelée *éthérification* par les chimistes, qui donne naissance à de l'eau et à un composé appelé éther. Mais cette éthérification

ne se poursuit pas tant qu'il reste en présence des molécules d'acide et des molécules d'alcool. Elle s'arrête lorsque les deux tiers seulement des molécules d'acide et d'alcool en présence ont disparu. A partir de ce moment, le mélange n'est plus le siège d'aucune transformation.

Inversement, si nous mélangeons de l'éther et de l'eau, une transformation se produit, du même genre que celle par laquelle l'industrie prépare les savons et que pour cette raison on appelle *saponification*. Il se forme de l'alcool et de l'acide acétique. Mais là encore la transformation ne se produit pas tant qu'il reste de l'eau et de l'éther. Elle s'arrête lorsque le tiers seulement des molécules d'éther et d'eau ont disparu. Le système renferme donc, inaltérées, les deux tiers des molécules d'éther et d'eau qu'on avait mis en présence, et, fait remarquable, il a la même composition centésimale que le système auquel on était parveuu en mélangeant l'acide et l'alcool.

Le système qui comprend alors de l'alcool, de l'acide, de l'éther et de l'eau, peut s'obtenir soit en mélangeant l'éther et l'eau, soit en mélangeant l'alcool et l'acide. Il se présente comme la limite commune de deux réactions inverses l'une de l'autre, la saponification et l'éthérification.

La notion d'équilibre chimique à laquelle par-

vinrent ainsi Berthelot et Péan de Saint-Gilles s'est montrée en chimie d'une remarquable fécondité. Elle a été étendue plus tard, par Henri Sainte-Claire Deville, aux réactions se produisant à des températures élevées et elle est devenue le point de départ de la Mécanique chimique.

Un autre résultat de ce travail a fourni les premières données précises qu'on ait eues sur la vitesse des réactions chimiques. Les deux savants avaient constaté que la quantité d'éther formée en un temps donné aux dépens d'un acide et d'un alcool est proportionnelle au produit des quantités des corps réagissants qui restent libres dans le mélange. Cette loi, convenablement généralisée, est la loi fondamentale de la branche de la chimie théorique connue sous le nom de Cinétique chimique, consacrée à l'étude de la vitesse des réactions, si importante tant pour la connaissance des phénomènes chimiques que pour les applications. La célèbre *Loi de l'action des masses,* qui règle les phénomènes d'équilibre en milieu homogène et dont les chimistes font une application constante, s'y rattache très simplement.

Ces études des actions réversibles et des équilibres chimiques ont pris une importance immense dans la science et sont à la base de quelques unes des plus grandes industries modernes.

III. — La chimie végétale.

Les recherches de Berthelot sur la synthèse devaient naturellement l'amener à étudier les lois qui président à la nutrition et à la croissance des végétaux et à la formation des diverses substances organiques qu'ils renferment. Mais ces problèmes, il ne pouvait les résoudre par des recherches effectuées dans son laboratoire du Collège de France. Aussi fit-il créer, en 1883, une Station de chimie végétale annexée à la chaire de chimie organique du Collège de France dont il était titulaire. Un emplacement fut mis à sa disposition sur des terrains dépendant de l'ancien château de Meudon détruit en 1871. Il y poursuivit pendant les vingt-cinq dernières années de sa vie une longue série d'expériences dont il publia les résultats au jour le jour dans divers périodiques et qu'il rassembla en 1899 en quatre volumes intitulés : *Station de chimie végétale de Meudon, (1883-1899), Chimie végétale et agricole.*

Fixation de l'azote atmosphérique par les plantes.

L'azote a été longtemps considéré comme un gaz inerte. Cependant vers la fin du XVIII[e] siècle,

Cavendish avait montré qu'il se combine à l'oxygène sous l'action des étincelles électriques. Dans des conditions analogues, Berthelot réussit à le combiner avec l'hydrogène pour donner de l'ammoniaque et avec l'acétylène pour donner l'acide prussique. En utilisant la décharge électrique silencieuse ou effluve, il put également le fixer sur de nombreux composés organiques. Ainsi le papier à filtrer légèrement humide absorbe en quelques heures une dose très notable d'azote qu'il restitue à l'état d'ammoniaque lorsqu'on le chauffe ensuite avec la chaux sodée. La dextrime humide, la benzine, l'essence de térébenthine, le formène, l'acétylène, etc., absorbent l'azote sous la même influence. Dans ces divers cas, il se forme des produits azotés condensés, comparables par quelques-unes de leurs propriétés aux principes humiques dont la présence est constante dans la terre végétale.

Berthelot fut naturellement amené à se demander si des phénomènes analogues ne se produiraient pas à la surface du sol, sous l'influence du champ électrique dont l'atmosphère est le siège. Contrairement à ce qu'avaient affirmé avant lui de nombreux savants, il réussit à réaliser l'absorption de l'azote par des plantes placées en vase clos dans des conditions

comparables à celles que crée l'électricité atmosphérique.

Fixation de l'azote atmosphérique par les microbes du sol.

L'électricité n'est pas le seul agent permettant de fixer l'azote sur le sol. Par des recherches d'une importance capitale, Berthelot établit que cette fixation peut être réalisée sous l'influence de microorganismes qui pullulent dans le sol. C'est dans une note insérée aux *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences* du 26 octobre 1885, qu'il mentionna pour la première fois le rôle possible de microorganismes dans certains terrains argileux. Après avoir rappelé ses expériences sur la fixation de l'azote atmosphérique par l'effluve électrique, il ajoutait : « En cherchant à approfondir cette réaction, sur laquelle j'aurai occasion de revenir encore, j'ai découvert une autre condition, nouvelle aussi et plus générale peut-être, de fixation directe de l'azote atmosphérique : je veux parler de l'action sourde, mais incessante, des sols argileux et des organismes microscopiques qu'ils renferment. »

Dans les expériences qu'il décrit ensuite, il

montre que cette fixation lente d'azote libre est indépendante de la nitrification aussi bien que de la condensation de l'ammoniaque, qu'elle est insensible en hiver et se produit surtout pendant la saison d'activité de la végétation, enfin qu'une température de 100° l'anéantit : « La terre, disait-il, est quelque chose de vivant. »

Ces vues de Berthelot furent d'abord vivement combattues. Mais peu à peu de nombreuses recherches les confirmèrent, tout en les complétant et les précisant sur certains points.

C'est ainsi que le savant allemand Hellriegel montra que les légumineuses fixent directement une quantité notable d'azote atmosphérique sous l'influence de micro-organismes logés dans les nodosités que portent leurs racines. Plus tard, Schlœsing fils et Laurent reconnurent l'activité spéciale de certaines algues microscopiques dans la fixation de l'azote par le sol.

Berthelot a très bien résumé la genèse de nos connaissances sur la fixation de l'azote atmosphérique dans les lignes suivantes : « Le sol et les plantes, écrit-il dans un de ses mémoires, s'enrichissent d'azote, sous l'influence des microbes, microbes dont j'ai découvert la présence dans le sol et dont les savants allemands ont

reconnu le parasitisme et l'action spécifique sur les racines des légumineuses (1). »

En 1893, Berthelot est parvenu, avec la collaboration de Guignard, à isoler des espèces définies de micro-organismes fixateurs d'azote, et à les cultiver dans des milieux artificiels. Dans ces cultures qui absorbent l'azote atmosphérique, les micro-organismes se nourrissent aux dépens de composés hydro-carbonés ; il en est de même dans le sol, ainsi que l'ont confirmé les recherches très importantes de Winogradsky sur un grand bacille fixateur d'azote.

Fermentations.

Ce n'est pas seulement dans ses expériences sur la fixation de l'azote que Berthelot a eu à envisager l'action des micro-organismes. Ses idées sur la synthèse organique l'avaient conduit depuis longtemps à combattre l'interprétation vitaliste de Pasteur d'après laquelle dans les fermentations les microbes agiraient eux-mêmes sur le milieu qui les entoure. En 1860, à la suite d'expériences relatives à la transformation du sucre de canne en sucre interverti sous l'in-

(1) BERTHELOT, *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, t. 111, p. 753 ; 1885.

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE

fluence de la levure de bière, il concluait :

« On sait que les recherches de Cagniard de Latour et surtout celles de Pasteur ont établi que la levure de bière est constituée par un végétal mycodermique. En me fondant sur les expériences nouvelles que je viens de rapporter, je pense que ce végétal n'agit pas sur le sucre en vertu d'un acte physiologique, mais simplement par les ferments qu'il a la propriété de sécréter, au même titre que l'orge germée sécrète la diastase, les amandes sécrètent l'émulsine, le pancréas d'un animal sécrète la pancréatine, et l'estomac du même animal sécrète la pepsine. Parmi les ferments sécrétés, ceux qui sont solubles peuvent être isolés et purifiés, jusqu'à un certain point, à la façon des principes immédiats et définis. Je viens d'établir qu'il en est ainsi pour le ferment glucosique, l'un de ceux que renferme la levure de bière....

« Bref, dans les cas énumérés ci-dessus et qui sont relatifs à des ferments solubles, on voit clairement que l'être vivant n'est pas le ferment, mais que c'est lui qui l'engendre. Aussi les ferments solubles, une fois produits, exercent-ils leur action indépendamment de tout acte vital ultérieur ; cette action ne présente de corrélation nécessaire à l'égard d'aucun phénomène physio-

logique... Il est d'ailleurs évident que chacun de ces ferments peut être formé de préférence, sinon même exclusivement, par tel ou tel végétal ou animal déterminé : cet être organisé produit et multiplie le ferment qui lui correspond au même titre et de la même manière qu'il produit ou multiplie tous les autres principes immédiats chimiquement définis qui le constituent. » (1)

Il terminait en comparant les fermentations aux actions qu'exerce sur un grand nombre de réactions chimiques la présence de très petites quantités de substances qu'on retrouve inaltérées à la fin de la transformation et qu'on appelle aujourd'hui substances catalytiques. Là, comme en synthèse organique et comme pour la chaleur animale, Berthelot montrait que l'action de l'être vivant se ramenait à un phénomène physico-chimique.

En 1878, Berthelot publia des notes posthumes de laboratoire dues à Claude Bernard, dans lesquelles ce savant pensait avoir obtenu des résultats expérimentaux en contradiction avec la théorie des fermentations de Pasteur : « Lorsque Claude Bernard fut enlevé à la science, écrivait Berthelot, son génie était dans

M. Berthelot, *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, t. 50, p. 983 ; 1860.

toute sa force et son esprit d'invention n'avait souffert aucune diminution. Il avait entrepris depuis quelques mois une nouvelle série de recherches sur la fermentation alcoolique et il annonçait à ses amis et à ses élèves qu'il croyait avoir fait des découvertes susceptibles de modifier profondément les théories régnantes. Malheureusement la mort l'a surpris avant qu'il ait pu donner son secret ; quand il en eut la pensée, il était déjà trop tard : « Cela est dans ma tête », disait-il à M. d'Arsonval, son dévoué préparateur, qui a entouré ses derniers moments des soins les plus affectueux, « cela est dans ma tête, mais je suis trop fatigué pour vous l'expliquer » (1). Et Berthelot donnait le texte intégral d'un cahier de notes entièrement autographe dans lequel Claude Bernard avait consigné les résultats de ses expériences.

Une longue controverse s'engagea entre Pasteur et Berthelot à propos de cette publication. Les notes insérées aux Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences nous montrent que la discussion entre les deux savants ne fut pas exempte de quelque vivacité : « La science m'a toujours paru, comme à Claude Bernard, indique

(1) Berthelot, *Revue scientifique*, 1878-1879, p. 49.

Berthelot, tendre à réduire l'action des ferments à des conditions purement chimiques, c'est-à-dire relativement simples, mais indépendantes de la vie, qui répond à un ensemble de phénomènes plus compliqués. » Et Pasteur répliquait : « Je comprends mal le second membre de cette phrase, mais je saisis assez le sens de l'alinéa dans son ensemble pour affirmer que cette appréciation historique de notre confrère est tout à fait contraire, suivant moi, à la vérité. En effet, lorsque, il y a vingt-et-un ans, j'ai présenté à l'Académie mon premier travail sur une des fermentations proprement dites, la doctrine chimique de ces phénomènes régnait pour ainsi dire sans partage. Les actions de diastases étaient déjà nombreuses, et, quant aux fermentations proprement dites, bien plus nombreuses aujourd'hui qu'à l'époque que je rappelle, on se plaisait à les expliquer par des actions chimiques. On disait : Les ferments sont des matières albuminoïdes altérées au contact de l'air... Il est admis généralement (aujourd'hui), en conformité des résultats de mes études, que les fermentations proprement dites doivent être considérées comme liées à des actions de nutrition accomplies dans des conditions particulières, notamment en dehors

de la participation du gaz oxygène libre (1). »

Les deux savants restèrent sur leurs positions. Mais l'avenir a donné raison à Berthelot. Conformément à ses conclusions, on considère aujourd'hui les ferments organisés comme produisant les ferments proprement dits qui agissent ensuite par des procédés purement chimiques. Les ferments organisés ne sont pas actifs par eux-mêmes, mais par leurs sécrétions, et celles-ci, une fois séparées des organismes qui les ont engendrées, suffisent à produire la transformation. Dans les maladies microbiennes notamment, c'est la toxine sécrétée par le microbe qui produit la maladie.

1) Pasteur, *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, t. 87, p. 1056, 1878.

CHAPITRE III

L'HISTOIRE DES SCIENCES

I. — Les origines de l'alchimie.

Berthelot n'avait rien du savant qui vit cantonné dans sa spécialité. Dans ses travaux purement scientifiques son esprit philosophique se manifeste par une aptitude remarquable à dégager l'idée générale de la multiplicité des faits. Il avait toutes les curiosités. Rien de ce qui intéresse la vie spirituelle de l'homme ne lui était étranger. Bien souvent Renan et lui, dans leurs longues causeries, avaient agité les problèmes qui touchent à la naissance et au progrès des civilisations.

En 1869, lors de l'inauguration du canal de Suez, il fit en Orient un long voyage et visita l'Egypte. Il médita sur ce qui nous reste de tant de civilisations disparues. Les poteries, les statues, les émaux aux riches couleurs, les vitrifications et les bijoux trouvés dans les temples

et les tombeaux de l'ancienne Egypte, attirèrent son attention sur les connaissances pratiques de chimie dont ils témoignent. On savait alors bien peu de chose sur les origines de la chimie. Sans doute les alchimistes ont toujours fait remonter leur science à l'Egypte : c'était la doctrine sacrée révélée par Hermès à ses prêtres. Mais cette tradition, de l'avis même du célèbre égyptologue Mariette, ne reposait sur aucun document précis.

C'est dans un mémoire de Lepsius sur les métaux égyptiens, traduit en 1877 pour la Bibliothèque des Hautes Etudes, que Berthelot entrevit pour la première fois la suite des idées qui avaient guidé les anciens alchimistes. Jusqu'en 1883, occupé par les rédactions de son *Essai de mécanique chimique* et de son traité *Sur la Force de la poudre et des matières explosives,* il ne put s'adonner avec quelque suite à l'histoire de l'alchimie. Un article qu'il écrivit à la demande de Mme Juliette Adam pour la *Revue Nouvelle* l'amena à prendre connaissance de manuscrits grecs jusqu'alors inédits. « Ce que je pus déchiffrer, écrit-il, me découvrit une région nouvelle et à peu près inexplorée de l'histoire des idées ; ce fut une véritable résurrection. En effet, les premiers alchimistes étaient associés aux

cultes et aux doctrines mystiques qui ont présidé à la fondation du christianisme ; ils participaient aux opinions et aux préjugés de cette curieuse époque. J'entrepris de pénétrer leur doctrine, jusqu'ici si énigmatique (1). »

L'ensemble des travaux de Berthelot sur l'alchimie comprend :

1° Un ouvrage historique et philosophique, *Les Origines de l'Alchimie ;*

2° Une publication de textes avec traduction, la *Collection des Alchimistes grecs*, précédée d'une *Introduction à la Chimie des Anciens et du Moyen-Age ;*

3° *La Chimie du Moyen-Age*, qui précise par quelles voies les connaissances chimiques des anciens se sont conservées et transmises.

Cette tâche immense lui fut facilitée par sa connaissance du grec qui lui permit de déchiffrer et de traduire un grand nombre de manuscrits et de papyrus. Il l'a entreprise avec la pleine conscience des qualités nécessaires à l'historien : « Toute science doit être placée dans son cadre historique, si l'on veut en comprendre le véritable caractère et la portée philosophique : ce travail est surtout nécessaire pour une doc-

(1) BERTHELOT. *Les Origines de l'Alchimie*, p. XI.

trine en partie réelle et en partie mystique, telle que l'alchimie (1). »

Les Origines de l'Alchimie (2).

Dans ses Origines de l'Alchimie, Berthelot a cherché à dégager, pour le grand public, le caractère, le sens et la portée des doctrines alchimiques, en montrant sur quels faits précis elles reposent et comment elles se rattachent aux théories de la chimie moderne. L'alchimie « prétendait à la fois enrichir ses adeptes en leur apprenant à fabriquer l'or et l'argent, les mettre à l'abri des maladies par la préparation de la panacée, enfin leur procurer le bonheur parfait en les identifiant avec l'âme du monde et l'esprit universel ».

Les origines de l'alchimie, comme celles de toute science et de toute civilisation, sont fort obscures. Aucune inscription hiéroglyphique ne nous apporte la moindre indication. Les plus anciens documents écrits qui nous soient parvenus datent du III^e siècle de l'ère chrétienne. Ils proviennent de compilateurs gréco-égyptiens, et les

(1) Berthelot, *Les Origines de l'Alchimie*, p. 7.

(2) Berthelot, *Les Origines de l'Alchimie*, 1 vol. Georges Steinheil, Paris ; 1885.

renseignements qu'ils nous transmettent ont été altérés par les imaginations mystiques de plusieurs générations de rêveurs et de scoliastes. Mais leur étude minutieuse a permis à Berthelot d'établir la filiation complexe à la fois égyptienne, babylonienne et grecque de l'alchimie.

Dès la plus haute antiquité, ceux qui s'occupaient de l'extraction et du travail des métaux étaient considérés comme des magiciens et des enchanteurs. Les transformations qu'ils produisaient dans la matière semblaient surpasser la mesure de la puissance humaine et empiéter sur la puissance divine. D'ailleurs les alchimistes faisaient grand usage de formules magiques pour se concilier la volonté des dieux qu'ils supposaient intervenir perpétuellement dans le cours des choses. « La loi naturelle agissant par elle-même était une notion trop simple et trop forte pour la plupart des hommes d'alors : il fallait y suppléer par des recettes mystérieuses (1). » En cela l'alchimie se rapprochait de l'astrologie et de la magie, et cette assimilation lui fut souvent néfaste. A Rome, on considérait comme criminelle la pratique de la sorcellerie et il était interdit, sous peine de dépor-

(1) Berthelot, *Les Origines de l'Alchimie*, p. 15.

tation et de mort, de posséder des livres magiques. Le Moyen-Age ne fut pas plus tolérant. En 1530, un édit de Venise frappait de mort les alchimistes « afin de leur éviter toute tentation criminelle ».

Il est bien vrai que l'alchimie était, en partie tout au moins, une science occulte admettant un certain nombre de croyances que Berthelot a su dégager des nombreux manuscrits qu'il a consultés. L'idée d'une parenté mystique entre les métaux et les planètes date des Babyloniens. On la retrouve dans un curieux passage du commentaire de Proclus sur le *Timée :* « L'or naturel et l'argent et chacun des métaux, comme des autres substances, sont engendrés dans la terre sous l'influence des divinités célestes et de leurs effluves. Le Soleil produit l'or ; la Lune l'argent ; Saturne, le plomb ; et Mars, le fer. » D'autres conceptions étaient empruntées à la germination et à la génération : « L'or engendre l'or, comme le blé produit le blé, comme l'homme produit l'homme » répètent sans cesse les adeptes. Cette croyance a subsisté jusqu'aux temps modernes : les alchimistes mettaient toujours un peu d'or au fond de leur creuset pour amorcer la transmutation. L'idée d'une âme immortelle associée à une forme périssable qui était

au fond de toutes les croyances religieuses apparaît également dès les plus anciens manuscrits comme dominant les transformations de la matière : « Il faut dépouiller la matière de ses qualités pour arriver à la perfection, dit Stéphanus, car le but de la philosophie, c'est la dissolution des corps (matériels) et la séparation de l'âme du corps. »

Les alchimistes avaient condensé quelques-unes de leurs croyances sous forme d'axiomes mystiques : « La nature triomphe de la nature ; la nature jouit de la nature ; la nature domine la nature, etc. » « Le tout est un ; par lui le tout est engendré, un est le tout et si le tout ne contenait pas le tout, il ne pourrait l'engendrer. » Cette célèbre formule du tout et de l'un exprimait l'unité de la matière et la possibilité de transmuter les corps les uns dans les autres. Aux yeux des alchimistes, l'œuvre mystérieuse n'avait ni commencement ni fin. Ils la symbolisaient par le serpent annulaire qui se mord la queue, emblème de la nature toujours une sous le fond mobile des apparences.

Tout imbibé de symboles mystiques, le langage des alchimistes revêtait souvent une forme antithétique et même charlatanesque : « Reçois, dit Zosime, en parlant de la pierre philoso-

phale, cette pierre qui n'est pas une pierre, cette chose précieuse qui n'a pas de valeur, cet objet polymorphe qui n'a point de forme, cet inconnu qui est connu de tous. » Son genre est un, son espèce multiple. Tout vient de l'Unité et tout s'y range. « Voici le mystère mithriaque, le mystère incommunicable. »

Mais ce langage traduisait parfois des faits expérimentaux : « La lune est pure et divine, écrit Zosime, lorsque vous voyez le soleil briller à sa surface », ce qui signifie que la purification de l'argent par la coupellation devient complète au moment où le métal fondu présente le phénomène de l'éclair.

Certains alchimistes ont tenté de réagir contre le mysticisme des formules alchimiques : « Les anciens, écrivait Olympiodore, avaient l'habitude de cacher la vérité, de voiler et d'obscurcir par des allégories ce qui est clair et évident pour tout le monde. » Lui-même a fait de louables efforts pour rationaliser l'alchimie et la rattacher à l'ensemble des conceptions des premières écoles grecques.

Avec les Arabes s'introduisent surtout des préoccupations d'ordre pratique. On leur doit la découverte et la préparation de l'alcool, de l'eau-forte, de l'huile de vitriol, du sublimé cor-

rosif, du nitrate d'argent. Mais dans l'ordre des théories, ils n'allèrent pas plus loin que les philosophes grecs. Ils procédaient surtout empiriquement. C'est en soumettant les métaux à des oxydations et calcinations prolongées, puis en les réduisant à l'état de corps métalliques, que Geber cherchait à les dépouiller de leurs propriétés : il ôtait par exemple à l'étain son cri, sa fusibilité, sa mollesse, qui, pensait-il, le distinguent de l'argent.

L'œuvre des alchimistes a été longtemps méconnue. S'il se mêla parmi eux bien des charlatans et des imposteurs, il ne faut pas oublier, qu'épris d'idéal et désintéressés, ils ont, dans les conditions les plus difficiles, amassé les connaissances précises d'où devait sortir la chimie, et créé la science expérimentale. En nous faisant connaître leurs tâtonnements et leurs efforts, Berthelot nous dispose à les juger avec plus d'indulgence. Ils ont eu bien des illusions et ils se sont souvent lourdement trompés dans l'interprétation ou même dans la simple observation des faits. Mais les variations d'aspect si imprévues et si déconcertantes qu'ils savaient produire dans les corps qu'ils maniaient, n'excusaient-elles pas leur espoir de transformer en or les métaux vulgaires ? La transmutation était

pour eux d'autant plus aisée à concevoir, qu'ils n'avaient aucun moyen de distinguer les métaux purs de leurs alliages, ni les corps simples aux propriétés immuables des corps composés transformables de mille manières.

« Le rêve des alchimistes, conclut Berthelot, a duré jusqu'à la fin du siècle dernier, et je ne sais s'il ne persiste pas encore dans certains esprits. Certes il n'a jamais eu pour fondement aucune expérience positive. Les opérations réelles que faisaient les alchimistes, nous les connaissons toutes et nous les répétons chaque jour dans nos laboratoires ; car ils sont à cet égard nos ancêtres et nos précurseurs pratiques. Nous opérons les mêmes fusions, les mêmes dissolutions, les mêmes associations de minerais, et nous exécutons en outre une multitude d'autres manipulations et de métamorphoses qu'ils ignoraient. Mais aussi nous savons de toute certitude que la transmutation des métaux ne s'accomplit dans le cours d'aucune de ces opérations.

« Jamais un opérateur moderne n'a vu l'étain, le cuivre, le plomb se changer sous ses yeux en argent ou en or par l'action du feu, exercée sur les mélanges les plus divers, comme Zosime et Geber s'imaginaient le réaliser. La transmu-

tation n'a pas lieu, même sous l'influence des forces dont nous disposons aujourd'hui, forces autrement puissantes et subtiles que les agents connus des anciens (1). »

Et pourtant les rêves de transmutation des alchimistes étaient si peu chimériques que la science moderne les a réalisés. Les modifications spontanées qu'éprouvent les substances radioactives sont de véritables transmutations dans lesquelles des corps simples se transforment en d'autres corps simples, des atomes se dédoublent en donnant d'autres atomes. Certains savants, notamment Ramsay, ont même cru, en utilisant l'énergie mise en jeu dans la radioactivité, produire de véritables transmutations artificielles. Plus récemment, le physicien japonais Nagaoka a annoncé avoir obtenu de l'or et de l'argent à partir du mercure. Sans doute ces diverses transmutations n'ont pas été confirmées. Peut-être n'ont elles pas plus de valeur que celles dont on trouve la description dans les anciens écrits alchimiques. Mais par des expériences indiscutables, Rutherford a décomposé un très grand nombre de corps simples en mettant en liberté de l'hydrogène. Et cette autre conception

(1) Berthelot, *Les Origines de l'Alchimie*, p. 285.

des alchimistes, l'unité de la matière, est une des hypothèses scientifiques actuelles qui paraissent le mieux assises : les atomes de tous les corps simples proviendraient de l'association d'un nombre plus ou moins grand d'atomes du gaz hydrogène, qui devient comparable à l'élément primordial dont les alchimistes supposaient l'existence. Si l'on songe que l'atome d'hydrogène et par suite tous les atomes sont, eux-mêmes, considérés comme formés de deux principes, — le *proton*, particule positive dont la masse est très voisine de celle de l'atome d'hydrogène, et l'*électron*, beaucoup plus léger, électrisé négativement, — on retrouve encore l'idée chère aux alchimistes de la dualité nécessaire dans la formation de tous les êtres : « Par le mâle et la femelle l'œuvre est accomplie. »

Ces diverses conceptions sont postérieures à Berthelot. Il lui était impossible de les prévoir à l'époque où il écrivait ses *Origines de l'Alchimie,* avant les expériences de Crookes sur les rayons cathodiques et avant l'éclosion de la radioactivité. Mais Berthelot n'était pas de ces esprits étroits qui prétendent assigner des limites à la science. Après avoir rappelé que les transformations réalisées par la chimie de son temps s'arrêtaient aux corps simples, il conclut fort

prudemment : « Cette limite n'est pas imposée par quelque théorie philosophique ; c'est une barrière de fait, que notre puissance expérimentale n'a pas réussi à renverser (1). »

Collection des anciens alchimistes grecs (2).

Dans la *Collection des anciens alchimistes grecs*, Berthelot a publié en 1887-1888, avec la collaboration de Ruelle, bibliothécaire de la bibliothèque Sainte-Geneviève, les manuscrits jusqu'alors inédits sur lesquels repose son histoire de l'alchimie. Le plus important d'entre eux, qui forme le fond même de la *Collection*, date du Xe siècle et provient de la bibliothèque Saint-Marc de Venise. Son texte, complété par les manuscrits que possède la Bibliothèque nationale de Paris, renferme, d'après Berthelot, l'essentiel des manuscrits alchimiques antérieurs au VIIIe siècle. Il n'est vraisemblablement lui-même qu'une compilation de manuscrits des premiers siècles de l'ère chrétienne présentant entre eux une grande analogie.

Ces manuscrits ont été rassemblés et recueillis vers le VIIIe siècle par les moines byzan-

(1) *Les Origines de l'Alchimie*, p. 287.

(2) Berthelot, *Collection des anciens alchimistes grecs*, 4 livraisons, Georges Steinheil, Paris, 1888.

tins. Ils ont été connus des arabes et sont devenus, par cet intermédiaire, l'origine des travaux des savants occidentaux au Moyen-Age, et par suite le point de départ des découvertes de la chimie moderne. Ils renferment en outre une multitude de procédés et de recettes susceptibles de jeter un jour nouveau sur la fabrication des verres, des alliages et des métaux antiques. Ils nous renseignent également sur les doctrines et les illusions qui régnaient dans le monde au moment de l'établissement du christianisme. Aussi la *Collection* présente-t-elle un grand intérêt, tant pour l'histoire des origines des sciences chimiques et industrielles, que pour celles du développement de l'esprit humain (1).

(1) Les morceaux qui constituent la *Collection* ont été classés en six parties :

La première partie contient les morceaux d'un caractère général : la Dédicace antique, le Lexique, les nomenclatures de l'Œuf philosophique, les articles sur le Serpent, sur l'Instrument d'Hermès pour prévoir l'issue des maladies, sur la liste planétaire des métaux et de leurs dérivés, sur les noms des Faiseurs d'or et des Villes où l'on fabriquait l'or, les Serments, les mœurs des philosophes, l'assemblée des philosophes, la fabrication de l'asèm et du cinabre, les procédés de diplosis, et enfin le Labyrinthe de Salomon.

La deuxième partie est formée par les *Traités Démocritains* du Pseudo Démocrite, le traité philosophique de Synésius et le curieux écrit d'Olympiodore.

La troisième partie, la plus longue de toutes, renferme les œuvres

Les textes sont précédés d'une *Introduction* qui constitue un exposé d'ensemble sur la métallurgie et la chimie des anciens, où Berthelot revient, en les précisant, sur certaines des idées qu'il avait développées dans ses *Origines de l'Alchimie* (1). Il y montre comment les recettes

ou plutôt des fragments attribués à Zosime, fragments recueillis et parfois développés par des commentateurs plus récents de diverses époques, quelques-uns postérieurs au VII^e siècle. Les œuvres de Zosime offraient déjà le caractère d'une compilation étendue, faite vers le III^e siècle de notre ère avec les écrits de Démocrite et ceux de divers auteurs dont aucune œuvre n'est parvenue jusqu'à nous, tels que Cléopâtre, Marie la Juive, Pamménès etc.

Dans la quatrième partie ont été rassemblés tous les ouvrages qui portent un nom d'auteur, que cette attribution soit apocryphe ou non. Tels sont les écrits de Pélage, d'Ostanès, de Jean l'Archiprêtre, d'Agathodémon, de Comarius, et le traité technologique, inscrit sous le nom de Moïse, qui renferme des morceaux de diverses dates, quelques-uns contemporains des Papyrus alchimiques de Leide,

La cinquième partie comprend les livres de l'alchimie métallique, un traité d'Orfèvrerie beaucoup plus moderne, le travail des quatre éléments, la technurgie de Salmanas, la coloration des verres et émeraudes, la trempe du fer et du bronze, la fabrication du verre, de la bière, etc. Ces traités ou articles, presque tous anonymes, ont le caractère d'ouvrages pratiques. Remaniés successivement dans le cours des siècles, à côté de certaines recettes remontant, ce semble, jusqu'à la vieille Egypte, ils renferment parfois des procédés contemporains de la dernière copie du manuscrit qui nous les a transmis.

La sixième partie est consacrée aux commentateurs tels que le philosophe Anonyme et le philosophe Chrétien.

(1) Berthelot a publié cette introduction en un volume séparé sous le titre : *Introduction à l'étude de la chimie des Anciens et du Moyen-Age*. Georges Steinheil, Paris, 1889.

d'alliages destinés à l'orfèvrerie ont pu être le point de départ des tentatives des alchimistes : « Au lieu de teindre la surface des métaux, pour leur donner l'apparence de l'or ou de l'argent, les orfèvres égyptiens apprirent de bonne heure à les teindre à fond, c'est-à-dire en les modifiant dans toute leur masse. Les procédés employés par eux consistaient à préparer des alliages d'or et d'argent conservant l'apparence du métal : c'est ce qu'ils appelaient la *diplosis*, l'art de doubler le poids de l'or et de l'argent ; expression qui a passé aux alchimistes, en même temps que la prétention d'obtenir ainsi des métaux, non simplement mélangés, mais transformés à fond...

« Toutes ces préparations sont aussi claires et positives, sauf l'incertitude sur le sens de quelques mots, que nos recettes actuelles. Il n'en est que plus surprenant de voir naître, au milieu de procédés techniques si précis, la chimère d'une transmutation véritable ; elle est corrélative d'ailleurs avec l'intention de falsifier les métaux. Le faussaire, à force de tromper le public, finissait par croire à la réalité de son œuvre ; il y croyait, aussi bien que la dupe qu'il s'était d'abord proposé de faire (1). »

(1) Berthelot, *Collection des anciens alchimistes grecs*, 1re livraison, p. 60.

Il ne saurait être question de résumer ici cette *Introduction*, formée par l'assemblage d'une série de notices portant sur des sujets très variés. A peine peut-on mentionner quelques-unes d'entre elles.

« Le monde, écrivait Jamblique le Néoplatonicien, est un animal unique, dont toutes les parties, quelle qu'en soit la distance, sont liées entre elles d'une manière nécessaire. » De cette idée, que ne désavoueraient pas les astronomes et les physiciens modernes, est née l'astrologie. L'alchimie s'y rattache également au moins par l'assimilation établie entre les métaux et les planètes, assimilation tirée de leur éclat, de leur couleur et de leur nombre même. C'est ce que Berthelot développe dans un des plus curieux chapitres de son *Introduction*. A chaque astre, une matière était assignée : au Soleil, l'or ; à la Lune, l'argent ; à Mars, le fer ; à Saturne, le plomb ; à Jupiter, l'électrum ; à Vénus, le cuivre. « Si, écrit Berthelot, la couleur jaune et brillante du soleil rappelle celle de l'or, la blanche et douce lumière de la lune a été de tout temps assimilée à la teinte de l'argent. La lumière rougeâtre de la planète Mars a rappelé de bonne heure l'éclat du sang et celui du fer, consacrés à la divinité du même nom. C'est ainsi que Didyme,

dans son commentaire sur l'Iliade, commentaire un peu antérieur à l'ère chrétienne, parle de Mars, appelé l'astre du fer. L'éclat bleuâtre de Vénus, l'étoile du soir et du matin, rappelle pareillement la teinte des sels de cuivre, métal dont le nom est tiré de celui de l'Ile de Chypre, consacrée à la déesse Cypris, l'un des noms grecs de Vénus. De là le rapprochement fait par la plupart des auteurs. Entre la teinte blanche et sombre du plomb et celle de la planète Saturne, la parenté est plus étroite encore et elle est constamment invoquée depuis l'époque Alexandrine. Les couleurs et les métaux assignés à Mercure l'étincelant, et à Jupiter le resplendissant, ont varié davantage (1). »

C'est à des rêveries de même ordre que se rattache la sphère de Démocrite, qui permettait de prédire l'issue des maladies à partir de données telles que l'âge du malade, la somme des valeurs numériques répondant aux lettres de son nom, la durée de sa maladie, le jour du mois, les phases de la révolution lunaire, etc. « Sphère de Démocrite, pronostic de vie et de mort. Sache sous quelle lune (dans quel mois) le malade s'est alité et le nom de sa nativité.

(1) Berthelot, *Loc. cit.*, p. 77.

Ajoute le calcul de la lune, et vois combien il y a de fois trente jours, prends le reste et cherche dans la sphère : si le nombre tombe dans la partie supérieure, il vivra ; si c'est dans la partie inférieure, il mourra (1). »

La Chimie au Moyen-Age (2).

La *Collection des anciens alchimistes grecs* nous révèle les idées et les procédés qui sont à l'origine des connaissances alchimiques du Moyen Age. Mais comment s'est faite la transmission ? C'est ce que Berthelot a précisé dans *La Chimie au Moyen-Age*.

(1) BERTHELOT, *Loc. cit.*, p. 86. Dans cette *Introduction*, Berthelot a rassemblé en outre un certain nombre de documents intéressants relatifs aux signes chimiques, aux appareils utilisés, à la filiation des manuscrits alchimiques, à quelques minéraux et métaux provenant de l'antique Chaldée, etc. On y trouve la traduction d'un très curieux papyrus (papyrus X de Leide) qui constitue le plus vieux manuscrit alchimique connu ; il a été écrit au III[e] siècle de notre ère, mais une partie des procédés techniques qu'il renferme remontent beaucoup plus haut.

(2) BERTHELOT, *La Chimie au Moyen-Age*, 3 vol., Imprimerie Nationale, Paris ; 1893. L'ouvrage comprend trois volumes :

1. *Essai sur la transmission de la science antique au Moyen-Age* où l'on trouve : une étude sur les traités techniques tels que les *Compositiones*, la *Mappæ clavicula*, les textes d'ouvrages en tout ou en partie traduits de l'arabe tels que le *Liber ignium* de Marcus Græcus, et le *Liber sacerdotum*, avec traduction et commentaires ; enfin une étude des livres théoriques mélangés de pratique, qui sont réputés traduits des Arabes, tels que la *Turba philosophorum*, l'alchimie d'Avicenne, les opuscules de chimie et de matière médicale de Rasès, le Traité inédit de Bubacar sur la

L'alchimie que nous font connaître les manuscrits latins du Moyen Age ne dérive pas directement de l'alchimie grecque. Elle a été transmise en partie grâce aux Arabes, héritiers et traducteurs de la science grecque. Les traductions latines des traités arabes qui existaient dans les bibliothèques des Musulmans en Espagne ont fait foi pour les Occidentaux en alchimie aussi bien qu'en médecine, en mathématiques et en philosophie. Berthelot y a retrouvé des fragments entiers des alchimistes grecs dont les Arabes avaient adopté la doctrine et les pratiques.

Cependant l'alchimie latine a d'autres sources que Berthelot a le premier signalées. Les procédés et les idées des alchimistes anciens ont passé des Grecs aux Latins dès le temps de l'Empire romain et se sont conservés pendant le Moyen-Age, par les traditions techniques des arts et métiers. Dans des cahiers manuscrits destinés aux artisans, datant du VIIIe et du

matière médicale et sur les minéraux, la composition inédite intitulée *Liber de Septuaginta*, etc.

2. *L'alchimie syriaque* comprenant une introduction et les textes de traités d'alchimie syriaques et arabes, d'après les manuscrits du British Museum et de Cambridge.

3. *L'alchimie arabe* comprenant une introduction historique et les traités de Cratès d'El-Habib, d'Ostanès et de Djâber, tirés des manuscrits de Paris et de Leyde.

X^{e} siècles, donc antérieurs aux Arabes, que Berthelot a publiés et traduits, il a rencontré des recettes et des procédés identiques à ceux des manuscrits grecs. Il existait donc, dès le temps de l'Empire romain, des cahiers d'arts et métiers, transmis de main en main par les orfèvres, métallurgistes, céramistes, teinturiers, etc., qui se sont conservés dans les ateliers en Italie et en Gaule.

Traditions techniques de la chimie, traductions arabico-latines, telles sont, d'après Berthelot, les voies par lesquelles la science antique s'est transmise au Moyen-Age.

A vrai dire, les Arabes n'ont connu les auteurs grecs que par l'intermédiaire des Syriens, qui, les premiers, traduisirent les écrits des philosophes et des savants grecs dans une langue orientale. Les sciences naturelles florissaient aux IX^{e} et X^{e} siècles dans la célèbre école des médecins syriens de Bagdad, sous la protection des califes. Berthelot a collationné et traduit (1) les manuscrits alchimiques syriaques du British Museum et de la bibliothèque de l'Université de Cambridge, qui renferment une série de traités traduits du grec, attribués à

(1) Avec la collaboration de Rubens Duval.

Démocrite et à Zosime. Une partie considérable de l'œuvre de Zosime, aujourd'hui perdue en grec, nous est ainsi connue grâce au texte syriaque.

Quant à l'alchimie arabe proprement dite, elle était, avant Berthelot, à peu près inconnue sous sa forme authentique. Les textes qu'il a publiés et commentés ont modifié profondément la conception qu'on se faisait autrefois de la science chimique des Arabes. En comparant les manuscrits arabes avec les manuscrits latins prétendus traduits de l'arabe, Berthelot a établi que les ouvrages latins attribués à Geber étaient entièrement apocryphes et avaient été fabriqués en Occident du XIII^e^ au XVI^e^ siècle. L'œuvre véritable de l'alchimiste arabe Geber est loin d'avoir l'importance qu'on lui a si longtemps assignée. En chimie comme dans les autres sciences, les Arabes n'ont guère fait que compiler les publications des savants et des philosophes grecs.

Ainsi *La Chimie au Moyen Age* renferme les matériaux et le développement d'une histoire de la chimie jusqu'au XIV^e^ siècle, c'est-à-dire jusqu'à une époque à partir de laquelle cette histoire était suffisamment connue. Elle clôt la longue série des études par lesquelles Berthelot

s'est efforcé de pénétrer la vieille énigme de l'alchimie (1).

Cette partie de son œuvre n'est pas seulement intéressante du point de vue historique. Elle a une portée philosophique générale. Elle nous éclaire sur la marche qu'a suivie l'esprit humain pour se rendre maître de la méthode expérimentale. En effet, c'est par l'alchimie surtout que cette méthode s'est introduite dans la science. Les mathématiques sont essentiellement déductives. Les sciences naturelles reposent principalement sur l'observation. La physique et la mécanique ont été longtemps envisagées par leur côté mathématique, corrigé et rectifié parfois à l'aide de l'observation. Pour se guider dans l'inextricable complexité des faits qu'ils observaient, les alchimistes n'avaient qu'un mélange confus de vues basées sur l'analogie,

(1) En réalité, Berthelot a publié sur la chimie des anciens un autre volume intitulé : *Archéologie et histoire des sciences*, (Gauthier-Villars, Paris, 1906), dans lequel il donne la traduction du célèbre papyrus X de Leyde, celle du manuscrit latin attribuable à Geber. Il reproduit également les mémoires relatifs aux recherches qu'il avait effectuées à différentes époques sur les métaux et objets trouvés dans des fouilles en Egypte, en Chaldée, ainsi que dans des monuments de l'époque romaine et du Moyen-Age, ou dans des stations préhistoriques. Mais cet ouvrage n'ajoute rien aux doctrines générales exposées dans les autres livres qui contiennent l'essentiel de l'œuvre entreprise par Berthelot sur les origines de l'alchimie.

jointes à des imaginations vagues et à des espérances chimériques. Cependant, à la suite d'innombrables expériences, et encouragés par quelques applications pratiques, ils ont fini par établir entre ces faits un petit nombre de lois simples et par grouper ces lois en des théories de plus en plus compréhensives. Ils ont ainsi édifié une philosophie naturaliste qui s'est dégagée peu à peu de la philosophie rationnelle et religieuse de leurs contemporains. En se fondant sur l'étude scrupuleuse des textes, et mettant à profit sa vaste érudition, Berthelot nous a révélé par quelles voies détournées, par quels prodiges d'imagination, par quelles observations patientes l'esprit humain s'est affranchi des préjugés, des superstitions et de l'ignorance, et a créé la méthode expérimentale qui peu à peu s'est étendue aux diverses sciences et qui seule est susceptible d'accroître nos connaissances dans le domaine de la matière et dans celui de la vie.

II. — La Révolution chimique. Lavoisier.

Ce ne sont pas seulement les origines de l'alchimie qui ont préoccupé Berthelot. Il a consacré un ouvrage à la révolution chimique accomplie par Lavoisier. L'occasion en a été le

centenaire de la Révolution française. Berthelot, qui venait d'être élu secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, inaugura la série des études, qu'en cette qualité il devait consacrer aux savants disparus, par une notice sur Lavoisier.

Les matériaux qu'il avait rassemblés pour cette notice lui permirent d'écrire son livre *La Révolution chimique, Lavoisier* (1). C'est une histoire un peu sévère que n'agrémente presqu'aucune anecdote. Berthelot ne s'intéresse qu'aux idées. Il ne donne que les détails biographiques strictement nécessaires pour bien comprendre l'œuvre. Ce n'est pas cependant que la vie de Lavoisier ne lui inspire de mélancoliques réflexions : « L'intérêt qui s'attache à l'œuvre de Lavoisier est rendu plus grand encore et plus poignant par sa destinée personnelle. Après avoir passé dix années à établir les bases expérimentales de sa doctrine, après avoir lutté quinze ans pour renverser les préjugés des anciennes doctrines, après avoir rendu tant de services à son pays et à l'humanité et jeté tant de gloire sur la France par ses découvertes, alors qu'il semblait appelé à terminer sa vie comme Newton, dans l'apothéose du triomphe, entouré du respect et

(1) Berthelot, *La Révolution chimique, Lavoisier*, Félix Alcan, Paris ; 1890.

de l'admiration de ses contemporains ; à ce moment même, Lavoisier se trouva soudain enveloppé, sans l'avoir provoquée, dans la tempête révolutionnaire, dépouillé de ses places et de sa fortune, conduit enfin à l'échafaud. Peu de destinées furent à la fois plus faciles, plus brillantes, plus favorisées que la sienne, au début ; peu furent plus tristes et plus douloureuses à la fin (1). » Et le démocrate sincère qu'il fut toujours ne peut s'empêcher d'élever une éloquente protestation contre le sentiment jaloux de l'égalité qui anime trop souvent l'esprit démagogique des foules : « Si les services rendus par la science sont admirés de tous les esprits éclairés, si le changement dans les conditions matérielles des sociétés humaines est dû aux découvertes des savants, si ce sont elles qui ont produit et qui produisent chaque jour l'amélioration continue du sort du plus grand nombre et la diminution progressive de l'antique misère ; si la nécessité des hautes connaissances théoriques est proclamée d'un aveu unanime pour le développement des industries qui emploient la force de la vapeur, la force des matières explosives, pour les arts qui uti-

(1) Berthelot, *La Révolution chimique, Lavoisier*, p. 4

lisent les lois de la mécanique et celles de l'électricité, aussi bien que les propriétés des métaux, et qui enseignent comment on augmente la fertilité du sol ; si la science, en un mot, crée et dirige les industries qui font la richesse et la prospérité des nations, en général, et celles de chacun des individus qui les composent ; cependant il existe un certain nombre d'esprits ingrats et jaloux, prêts à sacrifier toutes ces richesses, tout ce progrès, tout cet avenir de l'humanité au sentiment aveugle de l'égalité (1) ! »

Et comme il a bien su caractériser l'œuvre de Lavoisier ! Il nous le montre établissant la constitution de la matière sur des conceptions nouvelles, après avoir ruiné la vieille doctrine des quatre éléments, qui régnait depuis le temps des philosophes grecs. Deux de ces éléments, l'air et l'eau, regardés comme simples deviennent des composés dont Lavoisier établit la constitution par l'analyse et qu'il reproduit par la synthèse. La terre, élément unique et confus, est remplacée par la multitude empirique des corps simples. Le feu change de caractère : il cesse d'être envisagé comme une substance particulière, pour passer à l'état de pur phénomène.

(1) BERTHELOT. *Loc. cit.*, p. 195.

« La confusion qui avait régné jusque-là entre ces divers ordres de matières et de phénomènes ayant cessé, une lumière soudaine s'est répandue sur toutes les branches de la philosophie naturelle et les notions même de la métaphysique abstraite en ont été changées (1). »

D'autres avant Berthelot avaient admiré le génie de Lavoisier, mais n'avaient pas toujours suffisamment compris son œuvre. Berthelot redresse un certain nombre d'opinions erronnées et délimite avec soin ce que la chimie doit à Lavoisier.

Il n'est point vrai, en particulier, comme on l'a souvent soutenu, que Lavoisier ait promulgué le premier cet axiome que « Rien ne se perd et rien ne se crée ». Cette doctrine était fort répandue en science et en philosophie, depuis l'antiquité : « Rien ne vient de rien, rien ne retourne à rien », disait Lucrèce après Epicure. Les alchimistes eux-mêmes n'ont jamais prétendu créer l'or et les métaux, mais seulement les transformer.

Ce n'est pas davantage à Lavoisier qu'il faut faire remonter l'emploi de la balance en chimie, comme on l'a souvent répété. Les chimistes s'en sont servis de tout temps. Dans le papyrus de Leyde, le plus ancien monument connu de notre

(1) Berthelot, *Loc. cit.*, p. 2.

science, il est constamment indiqué de procéder par pesées. « C'est par la méthode, par la mesure, par la pesée exacte des quatre éléments, disait Zosime au IIIe siècle de notre ère, que se font l'entrelacement et la dissociation de toutes choses. » Pour les Arabes la chimie était, entre autres choses, la « science de la balance ».

Mais si la permanence de la matière, en général, était admise, et si la balance était de tout temps en usage dans les laboratoires, son emploi ne démontrait pas alors, comme il le fait aujourd'hui, la permanence du poids des corps spéciaux sur lesquels travaillaient les chimistes. Ce poids semblait changer sans cesse dans les opérations et particulièrement sous l'influence de la chaleur. Tantôt on voyait les métaux augmenter de poids par la calcination, tantôt, au contraire, les corps combustibles disparaissaient en brûlant, laissant à peine quelques traces de cendre ou terre comme résidu. On disait que les corps combustibles sont susceptibles de se changer dans la matière du feu, ou plutôt de régénérer cette matière qui y était réputée latente.

A Lavoisier appartient d'avoir établi expérimentalement que le poids des corps ne change pas au cours des transformations chimiques, le poids des corps qui prennent naissance étant

égal au poids des corps qui disparaissent. C'est la loi la plus générale de la chimie, celle qui intervient constamment dans toutes les opérations et que traduisent les équations chimiques. Elle suffit à la gloire de Lavoisier.

Berthelot a consulté aux archives de l'Institut les cahiers de laboratoire où Lavoisier relatait au jour le jour ses expériences, ses projets et ses ébauches de théorie. Il donne une analyse méthodique de ces cahiers et cite quelques-uns des passages les plus significatifs. Il a bien vu tout l'intérêt que présente leur étude pour qui veut comprendre la psychologie du savant dans son effort de création : « Ce que l'on y observe de neuf et d'original, ce sont les pages et les lignes où il (Lavoisier) a transcrit au jour le jour, sans aucune vue de publication, pour sa propre direction et dans le silence de son cabinet, les pensées qui naissaient immédiatement dans son esprit, à la vue même des phénomènes. On y lit ainsi la trace de ses tâtonnements successifs, tant dans l'ordre expérimental que dans l'ordre intellectuel (1). »

(1) Berthelot, *La Révolution chimique, Lavoisier*, p. IX.

CHAPITRE IV

LA PHILOSOPHIE

Berthelot a souvent exprimé dans des articles de revue, dans des discours, dans des ouvrages didactiques, ses conceptions sur la science, sur la philosophie, sur la morale. Par ses tendances philosophiques, il se rattache, jusqu'à une certaine mesure, au positivisme, mais à un positivisme moins dogmatique, moins étroit que celui d'Auguste Comte, à un positivisme qui n'assigne aucune borne au champ de l'investigation scientifique. Il a réclamé pour la pensée le droit à la curiosité intégrale, et regardé comme déraisonnable toute tentative d'assigner à la science des frontières qu'elle ne franchira pas. « Dans l'étude des sciences, et surtout de celles qui touchent aux origines, il faut se garder également des affirmations téméraires et des déclarations prématurées d'impuissance ; il ne faut point restreindre *a priori* la portée des connais-

sances futures dans le cercle étroit des connaissances actuelles, ni surtout poser des bornes absolues, qui n'expriment autre chose que notre ignorance présente. Combien de fois ces bornes ont été renversées, ces limites dépassées ! »

Sa définition de la science proprement dite, qu'il désignait sous le nom de science positive pour la distinguer de la métaphysique à laquelle il réservait le nom de science idéale, ne diffère pas sensiblement de celle qu'admettaient Auguste Comte ou Claude Bernard : « La science positive ne poursuit ni les causes premières ni la fin des choses ; mais elle procède en établissant des faits et en les rattachant les uns aux autres par des relations immédiates. C'est la chaîne de ces relations, chaque jour étendue plus loin par les efforts de l'intelligence humaine, qui constitue la science positive (1). »

Comme Claude Bernard, il fait reposer la science sur l'observation et l'expérience : « Pour atteindre à de si grands résultats, pour enchaîner une multitude de phénomènes par les liens d'une même loi générale et conforme à la nature des choses, l'esprit humain a suivi une

(1) Berthelot, *Science et philosophie*, p. 4.

méthode simple et invariable. Il a constaté les faits par l'observation et par l'expérience ; il les a comparés, et il en a tiré des relations, c'est-à-dire des faits plus généraux, qui ont été à leur tour, et c'est là leur seule garantie de réalité, vérifiés par l'observation et par l'expérience. Une généralisation progressive, déduite des faits antérieurs et vérifiée sans cesse par de nouvelles observations, conduit ainsi notre connaissance depuis les phénomènes vulgaires et particuliers jusqu'aux lois naturelles les plus abstraites et les plus étendues (1). »

A l'encontre de ce que croyaient les Grecs, la spéculation pure est impuissante à établir aucune loi naturelle. Le monde ne saurait être deviné. C'est seulement depuis l'introduction par Galilée de la méthode expérimentale que les sciences de la nature ont pris peu à peu le prodigieux développement que l'on sait. Les faits et les lois ainsi établis sont acquis définitivement. La science ne renverse pas à mesure ses édifices.

Mais il faut distinguer entre les faits et leur interprétation. Berthelot était sceptique sur la valeur et même l'intérêt des hypothèses par lesquelles l'esprit du savant tente de relier un grand

(1) Berthelot, *Science et philosophie*, p. 10.

ensemble de faits et de deviner la nature des choses : « Toutes ces théories d'atomes, d'éléments, de fluides naissent d'une inclination invincible de l'esprit humain vers le dogmatisme. La plupart des hommes ne supportent pas de demeurer suspendus dans le doute et dans l'ignorance ; ils ont besoin de se forger des croyances, des systèmes absolus, en science comme en morale. Dans les matières où elle n'a pas réussi à établir des lois, c'est-à-dire des relations certaines et invariables entre les phénomènes, l'intelligence procède par analogies, et elle tourne dans un cercle d'imaginations abstraites, qui ne varient guère... Nos théories présentes sur les atomes et sur la matière éthérée paraîtront probablement aussi chimériques aux hommes de l'avenir, que l'est, aux yeux des savants d'aujourd'hui, la théorie du mercure des vieux philosophes (1). »

Peut-être allait-il un peu trop loin dans son dédain des théories. Si elles ne sauraient avoir la prétention de nous découvrir la vraie nature des choses, du moins servent-elles de guide au savant dans sa marche incertaine à travers l'inconnu. En particulier, l'hypothèse des atomes a été d'une merveilleuse fécondité. Elle a

(1) Berthelot, *Les origines de l'Alchimie*, p. 320.

expliqué un nombre de faits chaque jour croissant et s'est très bien adaptée à l'interprétation des phénomènes si nombreux et si variés qu'a révélés l'étude de la radioactivité. Ne voir entre la notation en équivalents et la notation atomique qu'une différence de symboles, c'était insuffisamment reconnaître la fécondité de la notation atomique, qui traduit en un langage si clair les réactions les plus compliquées de la chimie organique, et qui a eu une si heureuse influence sur le développement de cette science.

Cependant Berthelot ne pouvait nier le besoin qu'a l'esprit humain de pénétrer le secret des choses. « Heureux, disait le poète latin, qui peut connaître les causes ! ». Il ne considérait pas que les recherches sur l'origine et sur la fin de la matière et de la vie fussent infécondes et vaines. Mais il aurait voulu qu'elles s'orientassent dans une direction nouvelle.

Procédant par affirmations dogmatiques, les métaphysiques et les religions ont cru atteindre la vérité absolue. Mais la multiplicité des systèmes qui ont été proposés nous rend sceptique sur leur valeur. D'après Berthelot, pour tout ce qu'ils renferment de vrai, ils n'ont jamais

fait qu'exprimer plus ou moins parfaitement l'état de la science de leur temps.

La science idéale, que Berthelot propose de substituer aux métaphysiques et aux religions, doit s'appuyer sur des faits positifs, qu'ils appartiennent au monde physique ou au domaine moral. Mais ces faits sont en nombre insuffisant. Pour les coordonner ou les compléter, elle fait appel à l'imagination. N'étant pas entièrement formée, comme la science positive, de lois établies par la méthode expérimentale, elle ne saurait prétendre au même degré de certitude. « Plus on s'élève dans l'ordre des conséquences, plus on s'éloigne des réalités observées, plus la certitude, ou, pour mieux dire, la probabilité diminue. Ainsi, tandis que la science positive une fois constituée l'est à jamais, la science idéale varie sans cesse et variera toujours. C'est la loi même de la connaissance humaine (1). »

Résumant sa pensée, Berthelot nous montre comment, à côté de la science positive et universelle, qui n'affirme que des réalités observables, il y a place pour la science idéale, tout aussi nécessaire que la science positive, mais

(1) Berthelot, *Science et philosophie*, p. 37.

dont les solutions, au lieu d'être imposées et dogmatiques comme autrefois, ont désormais pour principal fondement les opinions individuelles et la liberté.

Ainsi élargie du domaine des métaphysiques et des religions, la science embrasse l'ensemble des problèmes qui se posent à la curiosité humaine. Les résoudra-t-elle tous un jour ? Berthelot n'était pas loin de le penser. D'où sa foi enthousiaste en la science qu'il considérait comme devant être la Bible de l'humanité future. Il ne voyait pas de limite à sa puissance. C'est sur elle qu'il comptait pour réduire de plus en plus le mal et la souffrance.

Il l'a exaltée en un grand nombre de circonstances sous les formes les plus variées, avec une sincérité d'accent qui impose le respect : « Certes, il existe et il existera toujours bien des choses blâmables, bien des souffrances, bien des iniquités dans le monde. Mais ce qui a donné crédit à la science, c'est qu'au lieu de se borner à engourdir les mortels dans le sentiment de leur impuissance et dans la passivité des résignations, elles les a poussés à réagir contre la destinée, et elle leur a enseigné par quelle voie sûre ils peuvent diminuer la somme de ces douleurs et de ces injustices, c'est-à-dire accroître leur

bonheur et celui de leurs semblables (1). »

C'est un lieu commun de vanter les bienfaits de la Science. Mais Berthelot ne tombe jamais dans la banalité. Ecoutez-le nous décrire ce qu'il rêve pour cette humanité vers l'an 2000 :

« Dans ce temps-là, il n'y aura plus dans le monde ni agriculture, ni pâtres, ni laboureurs : le problème de l'existence par la culture du sol aura été supprimé par la chimie ! Il n'y aura plus de mines de charbon de terre, ni d'industries souterraines, ni par conséquent de grèves de mineurs ! Le problème des combustibles aura été supprimé, par le concours de la chimie et de la physique. Il n'y aura plus ni douanes, ni protectionnisme, ni guerres, ni frontières arrosées de sang humain ! La navigation aérienne, avec ses moteurs empruntés aux énergies chimiques, aura relégué ces institutions surannées dans le passé !...

« Un jour viendra où chacun emportera pour se nourrir sa petite tablette azotée, sa petite motte de matière grasse, son petit morceau de fécule ou de sucre, son petit flacon d'épices aromatiques, accommodés à son goût personnel ; tout cela fabriqué économiquement et en quantités

(1) Berthelot, *Science et morale*, p. 3.

inépuisables par nos usines ; tout cela indépendant des saisons irrégulières, de la pluie, ou de la sécheresse, de la chaleur qui dessèche les plantes, ou de la gelée qui détruit l'espoir de la fructification ; tout cela enfin exempt de ces microbes pathogènes, origine des épidémies et ennemis de la vie humaine.

« Ce jour-là, la chimie aura accompli dans le monde une révolution radicale, dont personne ne peut calculer la portée ; il n'y aura plus ni champs couverts de moissons, ni vignobles, ni prairies remplies de bestiaux. L'homme gagnera en douceur et en moralité, parce qu'il cessera de vivre par le carnage et la destruction des créatures vivantes. Il n'y aura plus de distinction entre les régions fertiles et les régions stériles. Peut-être même que les déserts de sable deviendront le séjour de prédilection des civilisations humaines, parce qu'ils seront plus salubres que ces alluvions empestées et ces plaines marécageuses, engraissées de putréfaction, qui sont aujourd'hui les sièges de notre agriculture.

« Dans cet empire universel de la force chimique, ne croyez pas que l'art, la beauté, le charme de la vie humaine soient destinés à disparaître. Si la surface terrestre cesse d'être utilisée, comme aujourd'hui, et disons-le tout bas,

défigurée, par les travaux géométriques de l'agriculteur, elle se recouvrira alors de verdure, de bois, de fleurs ; la terre deviendra un vaste jardin, arrosé par l'effusion des eaux souterraines, et où la race humaine vivra dans l'abondance et dans la joie du légendaire âge d'or (1). »

Qu'on ne s'y trompe pas, Berthelot ne voit pas seulement dans la science son caractère humanitaire. Elle est pour lui essentiellement moralisatrice. Elle enseigne à l'homme l'amour et le respect de la vérité, sans laquelle toute espérance est chimérique. Elle lui enseigne l'idée du devoir et la nécessité du travail, non comme un châtiment, mais comme l'emploi le plus élevé de son activité. Elle lui enseigne quels liens d'étroite solidarité l'unissent à tous ses semblables et même à tous les êtres.

Fidèle à la méthode qu'il avait tracée à la science idéale, Berthelot fonda la morale sur la solidarité et les sentiments innés du bien, du vrai, du beau. Ces faits d'expérience, qu'on ne saurait contester, suffisent à la justifier. Il est inutile et même dangereux de la faire reposer sur des conceptions métaphysiques sujettes à évoluer ou sur des révélations. La connaissance

(1) Berthelot. En l'an 2000, *Science et morale*, p. 510.

des fins et des origines lui paraît trop incertaine pour fournir la direction de la vie.

Ainsi pour Berthelot tout dérive de la science, unique source de vérité. Il l'a aimée, il l'a chantée, il lui a consacré sa vie. Mais sa foi en elle n'avait rien de l'intolérance du croyant. Il savait que l'amour de la vérité ne doit pas être confondu avec celui de la certitude et que dans notre monde relatif toute certitude est un mensonge. Sa foi pourrait plutôt se comparer à celle de l'hérétique, qui cherche toujours et n'est jamais satisfaite. Il a demandé pour chacun le droit d'avoir sa conception propre sur la destinée. Il ne pouvait ni souffrir, ni imposer aucune contrainte spirituelle ou morale.

Ennemi de tout fanatisme, il ne cessa de pratiquer et de prêcher la tolérance : « Dans notre enthousiasme pour la science et la raison, nous devons toujours maintenir ce principe fondamental qu'il s'agit de convaincre les hommes en nous appuyant uniquement sur leur adhésion volontaire, sans persécuter personne, sans jamais prétendre à l'infaillibilité, sans réclamer et imposer au nom de la raison le monopole de dogmes immuables. »

Partisan de la laïcisation de l'Etat et de la vie publique, il a toujours recommandé

d'agir avec beaucoup de mesure : « Dans cette entreprise, il faut éviter à tout prix la violence. qui est contraire à la justice et qui provoque la réaction ; il faut surtout éviter de froisser ces âmes délicates et pures, qui ont identifié leur être moral avec la vieille organisation théocratique, aussi bien que ces esprits honnêtes, prompts au vertige et hostiles aux brusques changements. »

Cette tolérance n'impliquait pas le scepticisme. Berthelot n'avait rien du dilettantisme de son ami Renan. On le vit bien, lorsqu'un contradicteur célèbre vint proclamer la faillite de la science. Berthelot releva le défi et se révéla dans la lutte un polémiste ardent et passionné.

Du point de vue philosophique, Berthelot apparaît comme le continuateur des encyclopédistes du XVIII[e] siècle. Il a comme eux toutes les curiosités. Comme eux, il croit au progrès continu et indéfini de l'humanité. Comme eux, il a le culte de la raison et la haine de l'intolérance. Comme eux, peut-être, il reste à la surface des choses. Il se plaît dans les régions lumineuses de la pensée où les idées sont claires et précises et se combinent par un mécanisme intellectuel qu'on ne discute pas et dont on est

sûr. Mais il ne s'intéresse guère aux spéculations qui ne lui semblent point capables d'accroître la portée de l'esprit humain et son emprise sur la matière. On ne trouve pas dans son œuvre de ces coups de sonde comparables à ceux que tenta un Henri Poincaré dans les profondeurs obscures où plongent les racines de nos connaissances. (1)

Aussi n'est-il pas surprenant que sa vision de l'univers ait paru parfois étroite et rigide. Qu'on le veuille ou non, le mystère et l'inconnaissable nous étreignent de toute part. Faut-il se résigner à ignorer et attendre patiemment le jour problématique où la science aura résolu toutes les énigmes ? Beaucoup ne le peuvent pas. Les croyants et les mystiques, et ils sont encore nombreux par le monde, ne sauraient se satisfaire des solutions provisoires et fragmentaires que Berthelot apporte au problème des origines et de la destinée. Il leur faut les certitudes et les consolations de la foi.

Enfin est-il certain que la science ait toutes les vertus morales que lui attribuait Berthelot ? Renan avait beaucoup moins de confiance. Il craignait que l'accroissement continu de bien-

(1) P. Painlevé, *Revue du Mois*, t III, p. 520 ; 1907.

être amené par les découvertes scientifiques ne finisse par entraîner l'avènement d'une humanité médiocre, enfoncée dans les jouissances matérielles et dépourvue d'idéal. Et s'il eût vécu plus longtemps, qu'eût pensé Berthelot des deuils, des souffrances, des misères sans nombre que l'utilisation systématique de la science à des fins destructrices a valu à l'humanité ? Il eut sans doute voilé de quelques regrets ses panégyriques de la science et reconnu que si elle a sa beauté et sa grandeur, elle a, comme tout ce qui est humain, ses limites et sa tragique rançon.

CHAPITRE V

LA VIE PUBLIQUE

On a dit quelquefois : « Un savant ne doit pas s'occuper de politique. » Est-ce donc que la politique doit être le privilège des avocats et des rhéteurs ? Est-ce que l'intelligence du savant, capable de pénétrer les phénomènes les plus complexes de la matière et de la vie, ne saurait s'adapter à l'étude des faits économiques ou sociaux ? Berthelot ne le pensait pas : « Dans un état républicain, le devoir du savant est le même que celui de tous les citoyens : il doit une part de sa pensée et de son action à la direction de la chose publique, il doit son effort personnel au progrès de l'humanité. Ce devoir même est plus étroit peut-être pour un savant que pour un autre citoyen, à cause de son intelligence et des capacités supérieures dont il doit compte à la patrie (1). »

(1) Berthelot, *Science et morale*, p. 269.

Jusqu'en 1870, cette vérité ne paraissait pas avoir frappé son esprit, ou du moins elle n'avait imprimé à sa vie aucune direction nouvelle. Son idéal démocratique s'accordant mal avec les procédés du gouvernement impérial, il s'était tenu éloigné des affaires publiques, et n'avait montré d'autre ambition que celle du savant. « C'est sous le coup du malheur, au moment de la catastrophe et de la ruine de la patrie, que nous sortîmes tous de nos laboratoires pour apporter notre secours à la France vaincue et démembrée. Nos esprits ont été changés et agrandis par cette lutte du désespoir que nous avons soutenue : en l'entreprenant, nous n'avions pas d'illusion, nous ne croyions guère possible de changer un destin déjà irrémédiable, mais nous savions que l'homme est plus grand que la destinée qui l'écrase, et nous avons jeté ce jour-là, le sachant et le voulant, la semence féconde du relèvement de la patrie (1). »

Après avoir conduit en province ses cinq enfants, Berthelot revint avec sa femme s'enfermer dans Paris assiégé. Il présida le *Comité scientifique pour la défense de Paris,* institué le 2 septembre 1870 près le Ministère de l'Instruction

(1) Berthelot, *Science et morale,* p. 270.

Publique par Brame, maintenu et encouragé par Jules Simon après la proclamation de la République. Ce comité avait pour tâche essentielle d'examiner les projets qu'une foule d'inventeurs adressaient au gouvernement pour contribuer à la défense de la patrie. Il s'occupait lui-même des problèmes dont la solution était la plus pressante. Si bien des essais qu'il a tentés n'ont pas abouti, du moins a-t-il imprimé au siège de Paris quelques-uns des caractères qui le distingueront dans l'histoire.

« On n'avait pas encore vu cette merveille d'une correspondance méthodique, entretenue par une ville investie, à l'aide des ballons et des pigeons, avec le concours de la photographie microscopique : ce sera la légende de l'avenir, comme ce fut l'objet de l'étonnement et de la fureur de l'ennemi, attestés par de cruelles et impuissantes menaces.

« C'est grâce à la science que l'on a pu fondre dans Paris ces quatre cents canons de campagne d'un nouveau modèle, supérieurs en portée aux canons prussiens et qui, du haut du plateau d'Avron, tinrent pendant un mois les Allemands en échec sur la route de Chelles.

« C'est grâce à la science que la fabrication de la dynamite, presque ignorée en France, a pu être

improvisée, sans ressources spéciales et dans les conditions en apparence les plus défavorables ; c'est grâce à la science que la lumière électrique a joué, dans l'éclairage nocturne des travaux de défense, un rôle inattendu et dont l'emploi méthodique a rendu toute surprise impossible. C'est grâce à la science et aux moyens nouveaux enseignés par elle pour la défense des brèches que toute tentative d'assaut fut épargnée à la ville assiégée : cette tentative eût sans doute abouti à quelque grand désastre pour nos adversaires (1). »

Il serait difficile de préciser la part exacte de Berthelot dans chacune de ces inventions. Il est seulement certain qu'il s'intéressa très directement à l'étude des explosifs et des poudres de guerre. Nous avons déjà insisté sur l'importance des recherches qu'il entreprit dans ce domaine ; elles le conduisirent par la suite à devenir l'un des conseillers techniques les plus écoutés de l'Administration de la guerre.

Si les savants ne purent empêcher la défaite, c'est peut-être qu'on les avait consultés trop tard : « On se tourna vers la science, comme on appelle un médecin au chevet d'un malade agonisant. Le concours de l'esprit et de la méthode scienti-

(1) Berthelot, *Science et philosophie*, p. 417.

fiques eût été sans doute plus efficace, si on l'eût invoqué depuis de longues années pour organiser les forces matérielles et morales de la France : nos ennemis l'ont fait, mais on n'a pas encore su leur ravir le secret de leur puissance. » Même pendant le siège, si le gouvernement de la Défense consultait souvent Berthelot, il ne suivait pas toujours ses conseils. « Je le vois encore, écrivait Armand Gautier, un soir du siège, à la fin de décembre 1870, revenant des avant-postes où il avait accompagné le chef de l'Etat-major général. Aux propositions qu'avait faites Berthelot pour augmenter la puissance de la défense, on avait répondu par la crainte des représailles. On s'attendait, sans doute, à ce que les Prussiens épargnassent un bombardement à Paris. Quelques jours après, un obus éclatait dans l'escalier du laboratoire même de Berthelot ; d'autres tombaient en nombre sur le Muséum. » (1)

Les souvenirs du siège laissèrent une empreinte profonde dans l'âme de Berthelot. Il en a évoqué les tristesses en des termes d'une émouvante simplicité, lors de sa réception à l'Académie Française, dans l'éloge de Joseph Bertrand dont la maison, située rue de Rivoli, était devenue pen-

(1) A. Gautier, *Revue Scientifique*, 30 mars 1907, p. 387.

dant le siège le lieu de rendez-vous des savants restés à Paris. « Nous venions réchauffer notre courage de temps à autre, dans la maison généreuse et de bonne humeur de la rue de Rivoli. On s'y partageait parfois quelques trouvailles, découvertes par les hôtes qui y avaient pris nourriture, dans les petits magasins amassés secrètement par certains de nos amis, exilés de Paris au dernier moment. Le fromage, surtout, faisait prime aux jours de détresse. C'est ainsi que nous vivions, chacun faisant son devoir, au milieu de la cité bombardée, affamée et troublée par des discordes intestines, qui devaient aboutir plus tard à l'explosion de la Commune. »

Si Berthelot n'oublia pas les heures de la guerre, s'il fut toujours un ardent patriote, son patriotisme n'avait rien de mesquin : « J'ai tâché de faire mon devoir sans partager les haines étroites de quelques-uns contre l'Allemagne, dont je respecte la science, en maudissant l'ambition impitoyable de ses chefs. » Ecrites en 1872, au lendemain de la défaite, ces lignes témoignent hautement de la grande liberté d'esprit et du courage de Berthelot. N'avons-nous pas vu, lors de la dernière guerre, des esprits éminents s'attaquer à Kant, à Gœthe, à Wagner, dont les œuvres

immortelles honorent l'humanité toute entière ?

Mais s'il ne s'éleva jamais contre la philosophie et la science allemandes, il sentait tout le danger que faisait courir à la France et à la civilisation le militarisme prussien : « Je suis partisan des relations intellectuelles et sociales les plus étroites possibles entre les peuples civilisés, et spécialement entre la France et l'Allemagne... Mais ces relations ne peuvent devenir tout à fait intimes qu'à une double condition, à savoir que chaque nation renonce à toute prétention de prépotence intellectuelle ou autre sur ses voisines, et que l'Allemagne cesse de proclamer dans le monde le droit antique de la force de la conquête, en restituant aux populations annexées par la violence le droit moderne de choisir leurs destinées. C'est l'abus qu'elle a fait de ses victoires qui entretient l'antagonisme des peuples et qui menace l'avenir de nouvelles catastrophes (1). »

Il n'a cessé de protester contre l'atteinte portée au droit des peuples par l'Allemagne en annexant l'Alsace et la Lorraine, malgré la volonté nettement exprimée de ses habitants. Dès 1872, il écrivait les lignes suivantes, véritablement prophétiques : « Sans doute, nous avons repris, les

(1) Berthelot, *Science et Morale*, p. 297.

uns et les autres, les paisibles travaux de l'esprit ; nous poursuivons, chaque peuple pour son propre compte, les œuvres commencées avant la guerre. Mais ce qui ne s'oublie pas, c'est le principe moral violé, la force mise à la place du droit moderne, c'est-à-dire, je le répète, la force mise à la place du libre consentement des hommes. Ce sera là, si les Allemands ne comprennent pas que le vainqueur doit faire les avances et rendre ce qu'il a pris à tort, ce sera là, malgré tous nos efforts pour éteindre la haine et calmer les esprits animés, ce sera là un jour la ruine commune de la France et de l'Allemagne, et peut-être la destruction de la civilisation occidentale (1). »

L'activité dont Berthelot fit preuve pendant le siège lui attira la sympathie des Parisiens, qui, aux élections législatives de 1871, lui donnèrent plus de 30.000 voix, sans qu'il se fût porté candidat. En juillet 1881, le Sénat le désigna comme sénateur inamovible. Il s'inscrivit à la gauche républicaine et à la gauche démocratique, les groupes les plus avancés de l'Assemblée. Au Sénat, il s'occupa plus spécialement des

(1) Berthelot, *Science et philosophie*, p. 362.

questions relatives à l'instruction publique et à l'armée.

Avec les Jules Ferry et les Paul Bert, il fut l'un des plus ardents apôtres de l'éducation de la démocratie. Il joua un rôle actif dans les discussions qui préparèrent l'organisation nouvelle de l'instruction publique et principalement celle de l'enseignement primaire. On peut lui appliquer ce qu'il disait de son ami Paul Bert : « Convaincu qu'il faut d'abord affranchir le peuple des servitudes séculaires de l'ignorance et de la superstition, il vit que la grande œuvre de la République, c'était de former des générations nouvelles, imbues de l'esprit moderne, oublieuses des vieux préjugés du trône et de l'autel, et armées pour soutenir les luttes de la vie par la science et par la liberté (1). »

Il s'occupa également de l'enseignement supérieur et il fut un défenseur chaleureux de la haute culture, prêt à intervenir en sa faveur soit au Parlement, soit auprès de l'opinion publique. En 1885, apprenant que la Commission du budget, chargée d'examiner le nouveau projet présenté par le gouvernement pour la Caisse des écoles, proposait d'en supprimer l'enseignement supé-

(1) Berthelot, *Science et morale*, p. 272.

rieur, il adresse au directeur du *Temps* l'éloquente lettre suivante :

« Sommes-nous donc condamnés à une infériorité sans remède dans la haute culture de l'esprit ? Sommes-nous destinés à manquer à jamais, sinon d'hommes, — ils ne font certes pas défaut, — au moins d'outils, dans le haut enseignement ? Notre jeune démocratie est-elle jalouse de rester dans une infériorité intellectuelle définitive vis-à-vis des empires et des monarchies qui nous entourent ? Veut-elle rompre sans retour avec la tradition intellectuelle, scientifique et artistique de la France ?

« La question est aujourd'hui posée et va être résolue pour de longues années. On s'obstine à ignorer, de parti pris, que l'enseignement primaire et l'enseignement secondaire tirent leur substance et leurs méthodes de l'enseignement supérieur. On s'obstine à ignorer que la production industrielle et agricole d'un pays dépend de la façon la plus directe des découvertes scientifiques qui se font dans les laboratoires de ses hautes écoles et de ses facultés. L'exemple de la puissance chaque jour croissante de l'Allemagne, dans l'ordre matériel aussi bien que dans l'ordre industriel, n'a-t-il pas ouvert nos yeux ? L'enquête si laborieuse, à laquelle la Chambre vient de se livrer sur la crise

que nous traversons, n'a-t-elle pas montré que les causes en tiennent à notre défaut d'éducation scientifique, autant qu'à des raisons économiques (1) ? »

A la suite de cette lettre, la commission du budget revint sur ses premières décisions et affecta une somme importante à l'installation de laboratoires dans l'enseignement supérieur. Mais les sages paroles de Berthelot n'ont été vraiment entendues dans notre pays qu'après la dernière guerre. Bien des catastrophes eussent été évitées, et bien des vies humaines sauvées, si l'on avait compris plus tôt en France tout ce que peut la science désintéressée pour la prospérité et la sauvegarde d'un pays. Il semble pourtant que « la misère des laboratoires » ait fini par émouvoir l'opinion, et les pouvoirs publics ont fait, ces derniers temps, des efforts louables pour y remédier.

Ministre de l'Instruction publique dans le cabinet Goblet du 11 décembre 1886 jusqu'au 30 mai 1887, Berthelot prononça en cette qualité des discours très remarqués, notamment sur l'état présent et les progrès de l'Instruction publique en France, sur le maintien de la censure, sur la nécessité historique de la séparation progressive entre

(1) Berthelot, *Science et philosophie*, p. 277.

la société laïque et les organisations religieuses. Au nom du gouvernement, il fit entendre d'émouvantes paroles à Auxerre aux obsèques de son ami Paul Bert, et au Père-Lachaise sur la tombe des victimes de l'Opéra-Comique.

Berthelot ne cessa jamais de s'intéresser aux problèmes que soulève l'éducation de la démocratie. Il les a souvent envisagés dans des articles de revue ou des discours. Il a pris nettement position dans la question, encore aujourd'hui si passionnément agitée, de l'enseignement secondaire. Il pensait qu'il pouvait y avoir place, à côté de l'enseignement classique fondé sur la connaissance des langues et de la culture antiques, pour un enseignement qui utiliserait la vertu éducatrice des méthodes scientifiques. Etait-ce de sa part une idée fausse ? Peut-on invoquer contre elle les résultats fournis par l'enseignement moderne ou ceux qu'a donnés la réforme de 1902 ? Nous ne le pensons pas, car en aucun cas on n'a appliqué la méthode que préconisait Berthelot. Cette méthode, il la définit lui-même avec sa netteté coutumière : « A l'heure actuelle, et dans l'état présent de la civilisation des races européennes, il faut que l'esprit de nos enfants s'habitue de bonne heure aux conceptions et aux méthodes scientifiques, en un mot à tout l'ensemble des idées qui

caractérisent la civilisation européenne ; ce sont ces conceptions, ces méthodes, ces idées qui devraient prédominer dans l'enseignement. A ce point de vue, je pense que l'enseignement moderne a été en partie faussé (1) ! » L'enseignement purement classique devrait, d'après lui, être réservé à une minorité. « Il est préjudiciable de le rendre obligatoire pour la plus grande partie de la jeunesse, comme on l'a fait trop absolument, par des règlements et des privilèges (2). »

Beaucoup d'esprits, et des meilleurs, s'élèveront contre ces conceptions de Berthelot. Sans doute a-t-il pu se tromper, mais son opinion était raisonnée et mérite d'être prise en considération. Comme il avait été un des plus brillants élèves de l'enseignement classique, il n'était pas suspect de nourrir à son égard une hostilité préconçue.

Un point sur lequel s'entendront tous les vrais éducateurs, c'est son aversion pour l'enseignement encyclopédique qui développe surtout la mémoire au détriment de l'intelligence et des facultés d'observation. On ne saurait trop insister sur ce point, car les protestations les plus autorisées restent lettre morte, et, sous l'impulsion de toutes sortes d'incompétences, les programmes de

(1) Berthelot, *Science et éducation*, p. 97.
(2) Berthelot, *Loc. cit.*, p. 90.

l'enseignement primaire, aussi bien que ceux de l'enseignement secondaire, sont de plus en plus surchargés. « A mon avis, le but que doit se proposer le professeur, ce n'est pas d'enseigner un à un tous les articles d'un programme, développé point par point ; mais c'est de donner à ses élèves une connaissance générale suffisante du sujet, et surtout d'exciter les esprits des enfants, en éveillant leur curiosité et en leur communiquant le goût des choses qu'il enseigne, ainsi que le désir de les étudier par eux-mêmes, — dans la mesure de leur âge et de leur intelligence (1). »

Sur l'éducation physique, il ne s'exprime pas avec moins de bon sens : « Il faut développer la vigueur physique et la santé des enfants ; mais il ne faut évidemment pas que ce développement soit poussé si loin qu'il nuise au travail intellectuel ; il ne faut pas en faire des athlètes, s'occupant uniquement de sport (2) ». A l'époque où Berthelot faisait cette déclaration, l'éducation physique était quelque peu négligée. On a eu raison de réagir et de favoriser dans tous les établissements d'enseignement les jeux et les sports. Mais ne peut-on craindre que les limites fixées

(1) Berthelot, *Science et éducation*, p. 92.
(2) Berthelot, *Science et éducation*, p. 87.

par Berthelot n'aient été dépassées et que pour la jeunesse d'aujourd'hui les préoccupations sportives priment par trop les préoccupations intellectuelles ?

En 1895, le Président du Conseil Bourgeois appelait Berthelot au Ministère des Affaires Étrangères. Cette nomination était justifiée par la culture littéraire et les connaissances historiques du nouveau titulaire. Mais le public, mal renseigné, s'étonna de voir un chimiste présider aux relations extérieures de la France. Les services que Berthelot rendit à son pays pendant la durée de son ministère n'ont pas toujours été appréciés à leur juste valeur.

Refusant de partager l'indifférence de l'Europe devant les massacres d'Arménie, Berthelot envoya la flotte française dans l'Archipel et donna l'appui le plus décidé aux vues de M. Paul Cambon, l'ambassadeur de France dont la clairvoyance se manifesta si noblement en ces jours difficiles.

Avec le concours expérimenté de M. de Courcel, ambassadeur de France à Londrés, il se proposa de régler, par un accord général, toutes les questions en litige entre la France et l'Angleterre, en commençant par celle du Siam. Le traité équi-

table qu'il signa avec lord Salisbury fut approuvé par les hommes pondérés des deux pays.

Mais les difficultés avec l'Angleterre reparurent bientôt. C'était l'époque de la plus grande tension des rapports entre la France et l'Italie. Crispi était premier Ministre à Rome. Impuissant à déchaîner une guerre européenne et désireux d'affermir sa popularité par des succès militaires, il lança aveuglément son pays dans l'expédition d'Abyssinie. Mal dirigées et mal préparées à affronter les difficultés d'une campagne au milieu des ravins et des hautes montagnes de l'Ethiopie, les troupes italiennes furent battues à Adoua. Une partie de l'opinion française, voyant dans cet échec le prélude de la chute de Crispi, avait tendance à s'en réjouir. Plus perspicace, Berthelot prévit que l'amour-propre blessé du gouvernement italien essaierait de prendre sa revanche à nos dépens. Ce fut ce qui se produisit. Désireux de raviver l'antagonisme de la France et de l'Angleterre, le roi Humbert, par l'intermédiaire de son allié l'empereur Guillaume, fit engager les Anglais à intervenir au Soudan sous le prétexte de tenter une diversion sur les derrières du Négus Ménélik. Trouvant là une occasion de consolider sa situation en Egypte, l'Angleterre envoya un corps expéditionnaire. L'opinion fran-

çaise s'émut d'autant plus que quelques jours auparavant lord Cromer avait déclaré que l'état du pays était calme. Berthelot entama des négociations. Lord Salisbury proposa de renouveler par écrit la promesse d'évacuer l'Egypte quand l'ordre y serait rétabli et de s'engager à ce que l'armée anglaise ne dépassât pas Kartoum sans le consentement de la France.

Partisan d'un rapprochement entre les deux grandes nations libérales de l'Occident et convaincu qu'on ne pouvait obtenir davantage, Berthelot voulait accepter ces propositions. N'ayant pu faire partager son avis à ses collègues, il préféra se retirer.

Francis Charmes, Ministre plénipotentiaire et ancien Directeur des Affaires politiques au Ministère des Affaires Étrangères, dans son discours de réception à l'Académie Française, appréciait en ces termes l'attitude de Berthelot : « On saura peut-être plus tard, lorsque les pièces d'archives ou les dépositions de témoins bien renseignés seront mises à la disposition de l'histoire, comment il a donné sa démission pour ne pas prendre la responsabilité d'une faute qui, commise après lui, a pesé lourdement sur nous. En désaccord avec ses collègues, il a mieux aimé se démettre que se soumettre. Il l'a fait simplement, modes-

tement, discrètement, laissant l'opinion incertaine sur son compte : je ne connais pas d'acte plus honorable dans la vie d'un homme public. »

Il n'avait vu que trop juste. On s'en rendit compte, quand, après la prise de Kartoum, un corps de l'armée anglaise continuant sa marche en avant, Kitchener se trouva à Fachoda en face de Marchand.

L'incident qui faillit mettre aux prises l'Angleterre et la France eût été évité, si la solution préconisée par Berthelot avait prévalu alors dans les conseils du Gouvernement. Sa politique devançait de dix ans les jours de l'Entente cordiale, mais ni l'opinion publique, ni les hommes d'État des deux nations n'étaient mûrs pour ce rapprochement.

Berthelot aurait voulu éviter jusqu'à la possibilité des conflits armés qu'il prévoyait devoir être funestes à la civilisation. Il fut l'un des apôtres de l'arbitrage international obligatoire. Rappelant en 1903, devant les délégués du Parlement britannique, les dissentiments qui venaient de se manifester entre la France et l'Angleterre, il disait : « Il convient de créer une légalité internationale, de conclure des conventions de concorde, de façon à mettre fin d'une façon régulière et

définie à l'avance à toute controverse d'intérêt ou d'amour-propre. Je le répète : il faut y mettre fin, soit de bonne grâce et d'accord amiable, soit par l'intermédiaire de tiers arbitres, animés de sentiments également amicaux pour les deux grandes nations que nous représentons aujourd'hui. Aucune d'elles ne saurait prétendre avoir toujours et partout raison et imposer sa volonté. » Il souhaitait que la France et l'Angleterre prissent l'initiative d'une ligue pour la paix, dont le rôle eût été assez semblable à celui de la moderne Société des Nations : « Je ne doute pas que les Etats-Unis se joignent volontiers à nous. Nous aurons aussi le concours de ces petits peuples de l'Europe, foyers d'une civilisation si intense et si souvent refuges des opprimés : la Hollande, la Belgique, la Suisse, la Suède, le Danemark. Trop fréquemment victimes, à cause de leur faiblesse, de la brutalité de leurs grands voisins, ils s'empresseront de se placer sous l'égide de la nouvelle ligue. Nous constituerons ainsi, sans autre pression que celle du sentiment de la justice et de la solidarité des peuples, un faisceau respectable de forces morales et matérielles groupées autour du nouveau principe de l'arbitrage obligatoire. »

Qu'on ne le prenne pourtant pas pour un utopiste qui n'apercevrait pas les difficultés à vaincre

pour faire régner la paix entre les hommes. Son idéalisme sans défaillance était aussi sans illusion. « Sans doute, disait-il dans le discours qu'il prononça le 28 novembre 1904 au banquet de l'arbitrage international, la réalisation de cet idéal, comme celle de tous les autres, ne saurait être ni instantanée ni absolue ; sans doute le règne de la vérité, de la justice et de l'amour ne sera jamais absolu dans le monde. Mais notre devoir, notre volonté est d'y tendre d'un effort soutenu, sans jamais nous lasser et de le faire triompher de plus en plus, dans les relations entre les peuples, comme entre les individus. »

Pour atteindre cet idéal, il avait foi en la mission civilisatrice de notre pays : « La France, à l'heure présente, est encore la nation dont l'organisation sociale est la plus avancée et tend le plus puissamment vers cette solidarité universelle des individus et des nations, qui sera la loi de l'humanité future. »

Qu'il s'agisse de politique intérieure, d'éducation nationale, de relations entre les peuples, Berthelot a toujours été le défenseur ardent de l'idéal démocratique. Il se séparait en cela de son ami Renan qui se fut volontiers résigné à servir, « pour le plus grand bien de la pauvre humanité,

à l'heure qu'il est si désemparée, un tyran philanthrope, instruit, intelligent et libéral. » Berthelot croyait à l'avènement progressif, par la démocratie, de la liberté, de la justice et de la raison. « Sans doute, disait-il à Renan, les flots de la démocratie sont mobiles comme la mer ; mais n'importe ! Ayons la foi. Ces flots nous porteront ; ils porteront le vaisseau de la raison et de la démocratie, construit avec tant de souffrances et souvent d'amertumes, par nous et par nos prédécesseurs, et dont la solidité a déjà été éprouvée par tant de tempêtes. Confions-nous à l'onde agitée et à notre propre énergie. Fions-nous aux nobles instincts de la nature humaine. Non seulement le dévouement au bien, au vrai, au beau, trouve en lui-même sa propre récompense : mais soyons convaincus qu'un jour il dominera le monde (1). »

(1) Berthelot, *Science et libre pensée*, p. 14.

CHAPITRE VI

BERTHELOT ET RENAN

Il existe bien des formes d'amitié. Celle qui unit Berthelot et Renan fut de l'espèce la plus délicate et la plus rare. Elle datait de leur jeunesse et naquit de leur enthousiasme commun pour les choses de l'esprit. Les épreuves de l'existence ne firent que la resserrer. Au soir de leur vie, ils aimaient l'un et l'autre à en évoquer le charme et à reconnaître le réconfort qu'elle avait été pour eux. Leur correspondance, réunie et publiée par Berthelot, nous dévoile combien confiante était leur intimité intellectuelle.

Berthelot était encore au collège lorsqu'il connut Renan. Il avait alors dix-huit ans. Il suivait les cours du lycée Henri IV, mais était interne à la pension Crouzet, rue des Deux-Eglises, aujourd'hui rue de l'Abbé-de-l'Epée. C'est là que Berthelot et Renan se sont rencontrés.

« Le 2 ou 3 novembre 1845, écrit Renan, je franchis le dernier seuil par lequel l'Eglise avait voulu me retenir, et j'allai m'établir dans une institution du quartier Saint-Jacques, relevant du lycée Henri IV, comme répétiteur *au pair*, c'est-à-dire, selon le langage du quartier Latin d'alors, sans appointements.

« ... Certes, il était dur, après avoir touché à la plus haute culture de l'esprit et avoir occupé une place déjà honorée, de descendre au degré le plus humble.

« ... Une récompense, d'ailleurs me fut réservée dès le lendemain même de mon entrée dans la pension obscure où je devais occuper durant trois ans et demi la situation la plus chétive. Parmi les élèves, il y en avait un qui, à raison de ses succès et de son avancement, occupait un rang à part dans la maison. Il avait dix-huit ans, et déjà l'esprit philosophique, l'ardeur concentrée, la passion du vrai, la sagacité d'invention, qui plus tard devaient rendre son nom célèbre, étaient visibles pour ceux qui le connaissaient ; je veux parler de M. Berthelot. Ma chambre était contiguë à la sienne, et, dès le jour où nous nous connûmes, nous fûmes pris d'une vive amitié l'un pour l'autre. Notre ardeur d'apprendre était égale ; nos cultures avaient été très diverses. Nous

mîmes en commun tout ce que nous savions ; il en résulta une petite chaudière où cuisaient ensemble des pièces assez disparates, mais où le bouillonnement était fort intense. Berthelot m'apprit ce qu'on n'enseignait pas au séminaire ; de mon côté, je me mis en devoir de lui apprendre la théologie et l'hébreu. Berthelot acheta une Bible hébraïque, qui est encore, je crois, non coupée dans sa bibliothèque. Je dois dire qu'il n'alla pas beaucoup au-delà des *shevas ;* le laboratoire me fit bientôt une concurrence victorieuse. Notre honnêteté et notre droiture s'embrassèrent.

« ... Nos discussions étaient sans fin, nos conversations toujours renaissantes. Nous passions une partie des nuits à chercher, à travailler ensemble. Au bout de quelque temps, M. Berthelot, ayant achevé ses mathématiques spéciales au lycée Henri IV, retourna chez son père, qui demeurait au pied de la tour Saint-Jacques de la Boucherie. Quand il venait me voir, le soir, à la rue de l'Abbé-de-l'Epée, nous causions pendant des heures ; puis j'allais le reconduire à la tour Saint-Jacques ; mais, comme d'ordinaire la question était loin d'être épuisée quand nous arrivions à la porte, il me ramenait à Saint-Jacques du Haut-Pas ; puis je le reconduisais et ce mouvement de va-et-vient se continuait nombre de fois.

Il faut que les questions sociales et philosophiques soient bien difficiles pour que nous ne les ayons pas résolues dans notre effort désespéré (1). »

« C'est au mois de novembre 1845, a écrit de son côté Berthelot, que je vis Renan pour la première fois : il comptait quatre ans de plus que moi, mais il avait peut-être moins d'expérience de la vie, s'il est permis de parler de l'expérience de deux adolescents. Il sortait du séminaire, et il venait de renoncer, non sans quelques vagues velléités de retour, à la vocation sacerdotale. Son air doux et sérieux, son goût pour les choses intellectuelles et morales me plurent tout d'abord, et nous formâmes une liaison, que les années et les péripéties de l'existence ne firent que confirmer et rendre chaque jour plus étroite, jusqu'au moment suprême de la séparation finale (2). »

Et voici la psychologie de leur amitié si joliment nuancée par l'artiste incomparable qu'était Renan :

« Le lien de profonde affection qui s'établit ainsi entre M. Berthelot et moi fut certainement du genre le plus rare et le plus singulier. Le hasard rapprocha en nous deux natures essen-

(1) Renan, *Souvenirs d'enfance et de jeunesse*, p. 328.
(2) Renan et Berthelot, *Correspondance*, p. 1.

tiellement objectives, je veux dire aussi dégagées qu'il est possible de l'étroit tourbillon qui fait de la plupart des consciences un petit gouffre égoïste comme le trou conique du formica-leo.

« ... Jamais il n'y eut entre nous, je ne dirai pas une détente morale, mais une simple vulgarité. Nous avons toujours été l'un avec l'autre comme on est avec une femme qu'on respecte. Quand je cherche à me représenter l'unique paire d'amis que nous avons été, je me figure deux prêtres en surplis se donnant le bras. Ce costume ne les gêne pas pour causer des choses supérieures ; mais l'idée ne leur viendrait pas, en un tel habillement, de fumer un cigare ensemble, ou de tenir d'humbles propos, ou de reconnaître les plus légitimes exigences du corps... Non seulement, M. Berthelot et moi, nous n'avons jamais eu l'un avec l'autre la moindre familiarité ; mais nous rougirions presque de nous demander un service, même un conseil. Nous demander un service serait à nos yeux un acte de corruption, une injustice à l'égard du reste du genre humain ; ce serait au moins reconnaître que nous tenons à quelque chose (1). »

Les mariages de Berthelot et de Renan, loin de

(1) Renan, *Souvenirs d'enfance et de jeunesse*, p. 336.

les séparer, multiplièrent au contraire les occasions qu'ils avaient de se voir. Mme Berthelot et Mme Renan, deux natures d'élite, ne tardèrent pas à se lier entre elles d'une même amitié. Renan qui, en qualité d'administrateur, habitait le Collège de France, venait fréquemment au laboratoire de Berthelot.

Quand les deux amis étaient séparés, ils s'écrivaient souvent. La correspondance qu'ils ont échangée pendant près de cinquante ans, entre 1847 et 1892, a été publiée, quelques années après la mort de Renan, par Berthelot à qui Mme Renan avait remis les lettres conservées par son mari. Beaucoup de lettres de Berthelot ont été égarées par Renan au cours de ses missions à l'étranger. Mais les lettres de Renan, qui semblent au complet, permettent de reconstituer le sens général de quelques-unes de celles de Berthelot qui nous manquent.

Renan s'est souvent plaint d'être un mauvais épistolier : « Si jamais on recueille ma correspondance, elle fera ma honte devant la postérité. Je ne sais pas écrire une lettre. » C'était là pure coquetterie de sa part. Il écrivait des lettres délicieuses quand il lui en prenait envie. Celles de Berthelot, sans être aussi brillantes, soutiennent la comparaison.

Et elles fixent admirablement quelques traits de sa physionomie morale. Elles nous montrent un Berthelot affectueux et prévenant, doué de la plus délicate sensibilité :

« A chacune de vos lettres, écrit-il le 28 février 1861, je sens davantage combien la distance apporte d'entraves matérielles à l'amitié et à ses relations : ce n'est plus cette correspondance étroite et pour ainsi dire immédiate, que permet le voisinage ; mais chacune de nos lettres répond à des sentiments déjà effacés dans le cœur de celui qui les a exprimés. Ce sont des vagues qui se poursuivent, sans jamais se confondre : et voici que je ne sais quand je pourrai vous revoir. Je viens de lire au *Moniteur* votre rapport, où vous annoncez des projets pour l'été. Je redoute pour vous ce séjour, prolongé dans des conditions moins favorables et sous un ciel inclément ; je le redoute pour vous et pour les vôtres (1). »

Renan ne fait peut-être pas tous ses efforts pour rendre moins pénible la séparation. Il écrit rarement, beaucoup trop rarement au gré de Berthelot qui lui reproche souvent sa négligence : « Vous n'écrivez guère, et sans votre sœur je n'aurais

(1) Renan et Berthelot, *Correspondance* p. 250.

point eu de vos nouvelles avant votre retour (1). » « Votre absence me fait paraître plus longs encore les longs intervalles que vous laissez entre vos lettres. A peine deux lignes çà et là dans l'espace de six semaines (2)... » « Nous avons été fort contents d'avoir de vos nouvelles, non par vous qui continuez de pratiquer l'abstention en matière épistolaire, mais par M[me] Renan. C'est sur elle que je compte pour entretenir notre correspondance, car vous êtes endurci dans le silence à l'égard de vos amis (3). »

Une fois même, Berthelot laisse percer quelque amertume : « Votre sœur a dit quelquefois que je portais un cœur de femme dans mes affections ; je ne sais si c'est un bien ou un mal de sentir ainsi ; mais elle comprendra mieux que vous, si j'ai été heureux en voyant que dès le premier jour vous m'avez oublié. J'attendais avec impatience un mot de vous, un souvenir et une nouvelle, avec d'autant plus d'impatience que ce lointain voyage l'avait retardé davantage. Mais vous n'avez jamais senti ce que c'est que la réciprocité dans nos amitiés et combien il y a dans ce mot de jalousie délicate. Pendant votre absence et depuis votre

(1) *Loc. cit.*, p. 161.
(2) *Loc. cit.*, p. 281.
(3) *Loc. cit.*, p. 290.

départ, j'ai pensé à vous bien plus que vous n'avez certainement pensé à votre ami. Pardonnez-moi ce mot ; mais votre oubli dès le premier jour m'a bien affecté (1). »

Certains en ont conclu à l'indifférence de Renan. Sans aller jusque-là, Jules Lemaître, recevant Berthelot à l'Académie Française, se demande qui des deux amis a le plus donné à l'autre : « Oserais-je indiquer ce que j'entrevois en lisant vos lettres et les siennes ? Dans le temps où d'assez longs voyages vous séparaient, si quelque circonstance imprévue venait entraver ou ralentir votre correspondance, je ne sais si je me trompe, mais il me paraît bien que celui de vous deux qui en souffrait le plus, ce n'était pas lui, et que celui qui semblait oublier le plus facilement, ce n'était pas vous. » On a souvent invoqué contre Renan la lettre qu'Henriette Renan écrivit un jour à Berthelot pour excuser son frère. « Personne ne peut comprendre plus vivement que moi, Monsieur et bien cher ami, l'émotion douloureuse sous le poids de laquelle vous avez écrit votre dernière lettre à mon frère et dont l'écho est venu nous affliger dans la magnifique solitude où nous sommes en ce moment. La

(1) *Loc. cit.*, p. 199.

peine que vous exprimez, je l'ai souvent, oh ! bien souvent ressentie moi aussi. J'ai dit fréquemment : « Ses ambitions le préoccupent plus que ses affections », et ses nouvelles affections plus que les anciennes... Pourtant je suis assurée qu'il m'aime, et en présence du chagrin que vos regrets lui ont fait ressentir, il m'est impossible de ne point croire à l'étendue, à la profondeur de l'amitié qu'il vous porte. Il semble qu'il peut tout pour ceux qu'il aime, excepté leur consacrer quelques instants. »

Peut-être, plus simplement, Renan n'était-il si avare de son temps que parce qu'il voulait réaliser l'œuvre qu'il avait conçue : « Votre lettre renfermait à mon adresse un mot de reproche qui m'a été sensible. Des amitiés comme la nôtre ne perdent-elles pas quelque chose à être expérimentées ? Vous savez que je suis le moins épistolier des hommes, surtout avec les personnes qui ne peuvent pas douter de mon affection. Jusqu'à ce que j'aie fait mes *Origines du Christianisme*, je serai un hibou, et ne me donnerai qu'avec parcimonie à la correspondance et à la conversation (1). »

Pas d'autre ombre d'ailleurs dans toute leur

(1) *Loc. cit.*, p. 173.

correspondance. Berthelot et Renan échangent librement leur idées sur toute chose et se comprennent. A Berthelot qui s'était montré découragé, Renan écrivait de Rome le 17 février 1850 : « Je pense que les peines intérieures dont vous parlez tiennent surtout à l'objet spécial de vos études, qui n'est pas précisément ce qu'il vous faut. Vous savez que toujours j'ai regretté de ne pas vous voir prendre comme étude *officielle* les sciences morales, philosophiques, ou littéraires comme on dit ; c'est à elles que vous demandez votre aliment intérieur. J'imagine que cette scission entre votre vie spirituelle intérieure et officielle dérange souvent votre système de vie et vous produit de ces dégoûts. Peut-être aussi vous condamnez-vous à une trop grande abstinence de la jouissance esthétique (1). » Sans doute Berthelot eût-il fait dans les lettres une carrière honorable, ou même brillante. Mais qui pourrait regretter qu'il n'ait pas suivi le conseil de Renan. Berthelot, lui, a toujours eu foi dans le génie de son ami : « Votre nom va marquer dans le XIXe siècle à l'égal des philosophes du XVIIIe (2). »

Leur correspondance porte à chaque instant la trace de leurs préoccupations intellectuelles. Ici,

(1) *Loc. cit.*, p. 94.
(2) *Loc. cit.*, p. 300.

c'est Berthelot annonçant qu'il vient de terminer son traité de thermochimie. Là, c'est Renan racontant comment il a écrit la *Vie de Jésus* : « J'ai employé mes longues journées de Ghazir à rédiger ma *Vie de Jésus*, telle que je l'ai conçue en Galilée et dans le pays de Sour. Dans huit jours, ce sera fini ; je n'ai plus à écrire que le récit de ses deux derniers jours. J'ai réussi à donner à tout cela une marche organique, qui manque si complètement dans les évangiles. Je crois que pour le coup on aura sous les yeux des êtres vivants, et non ces pâles fantômes sans vie : Jésus, Marie, Pierre, etc., passés à l'état abstrait et complètement typifiés (1). » Ailleurs, il dit qu'il s'est diverti pendant les vacances à réunir quelques idées philosophiques auxquelles il donnera peut-être la forme d'une lettre ; il s'agit de la fameuse *Lettre à M. Berthelot sur les sciences de la nature et les sciences historiques.*

Ce commerce incessant d'idées par conversation ou par lettres ne pouvait manquer d'avoir une grande influence sur leur évolution intellectuelle. Jules Lemaître, recevant Berthelot sous la coupole, lui disait : « Votre précoce sérénité d'esprit dut être bonne à son inquiétude. Je crois que

(1) *Loc. cit.*, p. 284.

vous devez à ce charmant compagnon les rares sourires qui éclairent votre œuvre : mais peut-être aussi vous doit-il d'être resté, sous ses caprices aventureux, parmi ses fantaisies pyrrhoniennes ou ses rechutes dans le rêve, immuablement fidèle à deux ou trois principes essentiels de la critique scientifique ; peut-être vous doit-il un peu, ce que j'appellerai l'épine dorsale, l'armature de sa pensée, changeante en apparence, ferme et suivie dans son fond. »

L'*Avenir de la Science*, composé par Renan vers 1848, mais publié par lui seulement vers la fin de sa vie, représente, nous dit Berthelot, le premier produit non mûri du bouillonnement de leurs jeunes têtes, mélange de vues courantes des philosophes et des savants de cette époque avec leurs conceptions personnelles, alors ébauchées et confuses, mais qui se sont précisées plus tard.

On trouve également un reflet des questions qu'ils agitaient entre eux dans la *Lettre à M. Berthelot sur les sciences de la nature et les sciences historiques*. Lorsque Renan commence à l'écrire en août 1863, lors d'un séjour en Bretagne, il en avise aussitôt Berthelot : « Je suis si loin de vous négliger que je passe mes heures avec vous. Pour distraire ma pensée du sujet qui l'a remplie en

ces derniers temps, je me suis mis à mettre par écrit certaines vues de philosophie générale sur l'histoire de l'être, se rattachant à des conversations que nous avons eues ensemble. Je le fais sous forme de lettre que je vous adresse. Vous y répondrez si vous voulez, et ces deux morceaux réunis pourraient former un petit ensemble, résumant notre philosophie scientifique (1). »

« Le projet de vos lettres, répond Berthelot quelques jours plus tard, me sourit assez, mais je crains que mes réponses ne se bornent à des négations sur la plupart des points : car dans les hautes régions tout devient indéterminé ; mais je crois que nous reviendrons là-dessus (2). »

« J'ai fait imprimer en épreuves, reprend Renan, ma lettre à vous adressée. Je voulais que vous pussiez lire cela dès à présent, et voir si le sujet vous allèche et vous met en veine (3). » En novembre, Berthelot acquiescant à l'invitation de Renan, lui adresse, dans la *Revue des Deux Mondes*, la réponse intitulée : *La Science idéale et la Science positive.*

« Plus d'une fois, écrit Renan dans la préface de ses dialogues philosophiques dédiés à Berthe-

(1) *Loc. cit.*, p. 292.
(2) *Loc. cit.*, p. 308.
(3) *Loc. cit.*, p. 309.

lot, en retrouvant dans ces pages certaines idées dont nous avions milles fois causé ensemble, je me suis demandé si elles étaient de vous ou de moi, tant nos pensées se sont depuis trente ans entrelacées, tant il m'est impossible, dans notre intime association intellectuelle, de distinguer ce qui est mien de ce qui est vôtre. C'est comme si l'on voulait partager les membres de l'enfant entre le père et la mère. Tantôt l'embryon de l'idée est de vous et le développement m'appartient ; tantôt le germe est venu de moi, et c'est vous qui l'avez fécondé. Tout ce que j'ai pu dire de bon sur l'ensemble de l'univers, je veux qu'on le regarde comme vous appartenant. D'un autre côté, je réclame ma part dans la fermentation de votre esprit philosophique ; je n'en aurai pas de meilleure. » Et Berthelot confirme : « Depuis longtemps, nous avions renoncé à faire la part distincte de l'influence réciproque que chacun de nous a exercée sur le développement de son ami (1). »

Il ne faudrait pas pourtant exagérer leur influence réciproque. Leur personnalité était trop accentuée pour pouvoir subir une empreinte profonde. Leurs pensées se complétaient plutôt

(1) Renan et Berthelot, *Correspondance*, p. 6.

qu'elles ne s'uniformisaient. La différence de leurs tendances philosophiques apparaît dans la lettre de Renan sur les sciences de la nature et les sciences historiques et dans la réponse de Berthelot sur la science idéale et la science positive. En politique, leurs conceptions étaient nettement opposées. Quant à leurs caractères, ils étaient aussi dissemblables que possible. Renan, optimiste, considérait la vie avec un sourire indulgent : « Mon expérience de la vie a été fort douce », écrivait-il dans ses *Souvenirs d'enfance et de jeunesse*. Berthelot, enclin à la tristesse et à la mélancolie, était volontiers pessimiste : « Je n'ai jamais fait plein crédit à la vie. »

Ce qui les a réunis, ce n'est donc point la similitude de leurs caractères, mais un égal enthousiasme pour la vérité et pour la science et la séduction de quelques idées philosophiques générales. Encore sur toutes choses, Renan avait-il des réserves d'ironie que Berthelot ne connut jamais. Il se plaisait au jeu des idées. Il les maniait avec une grâce nonchalante et légère, disposé à les accepter toutes sans se fixer sur aucune. Les convictions de Berthelot étaient plus fermes et revêtaient une forme plus sévère.

Le souvenir de Renan est resté toujours vivant dans l'âme de Berthelot. Il lui a rendu les derniers

devoirs lors de l'inauguration du monument érigé à Tréguier.

« La cérémonie qui nous réunit devant ce monument, s'écriait-il, consécration suprême d'un grand homme, au sein de la ville de Tréguier où Renan est né et dont il avait gardé un si tendre souvenir, a pour moi un caractère tout particulier. J'ai été son compagnon de route. Chacun de nous, développant sa carrière originale au cours de nos destinées fraternellement conjointes, a été un témoin fidèle et dévoué de la vie de son compagnon. Nous avons lutté côte à côte, combattu le bon combat pour la Science et pour la Liberté, pour l'amour et le perfectionnement de nos concitoyens.

« C'est un dernier devoir pour moi de m'associer à cet hommage de sympathie nationale et universelle rendu en l'honneur de l'existence de Renan, si pure et si digne (1) ! »

C'est toujours avec la même émotion qu'il parle de son ami disparu : « Certes, j'ai eu dans ma jeunesse et dans mon âge mûr d'autres amis que Renan, amis bien chers, associés à mes espérances scientifiques, politiques et philosophiques ; nous avons réagi tous les uns sur les autres, dans une

(1) Berthelot, *Science et libre pensée*, p. 1.

certaine mesure. Mais aujourd'hui que presque tous mes contemporains ont disparu, je dois déclarer qu'aucun ne fut réuni à moi par des chaînes aussi étroites, aucun n'a laissé en entrant dans le tombeau une douleur plus vive, une lacune plus grande dans mon individualité morale (1). »

Cette amitié de deux grands hommes a quelque chose de touchant. Elle nous les montre, sous leur haute intellectualité, semblables par le cœur au plus humble d'entre nous. Elle nous les rend plus sympathiques et plus humains. Elle atténue ce que pouvait avoir d'ironique le sourire de Renan et elle ajoute comme une grâce à la figure un peu austère de Berthelot.

(1) Renan et Berthelot, *Correspondance*, p. 6.

CHAPITRE VII

LE SAVANT ET L'HOMME

Tout le monde se plaint de sa mémoire, disait La Rochefoucauld, et personne ne se plaint de son jugement. On affecte de considérer la mémoire comme une faculté secondaire. Il est bien porté d'en paraître négliger les services. Et cependant de quelle utilité n'est-elle pas dans les travaux de l'esprit? Elle permet à l'écrivain d'embrasser rapidement l'étendue d'un sujet et lui évite de bien fastidieuses recherches. Elle est peut-être plus indispensable encore au savant. Les découvertes scientifiques sont presque toujours le fruit d'une analogie soupçonnée entre le phénomène dont on cherche la cause et un phénomène connu. Lorsque le savant se trouve en présence d'un fait insolite, il doit chercher dans l'arsenal des faits connus celui qui s'en rapproche par quelque point. C'est la partie proprement inventive de la découverte. Elle suppose beaucoup de flair — et dans certains cas

ce flair devient du génie — mais aussi une mémoire fidèle qui fasse défiler rapidement devant l'esprit le tableau tout entier de la science.

Berthelot eût eu bien mauvaise grâce à se plaindre de sa mémoire. Il l'avait exceptionnelle. Au lycée Henri IV, elle faisait l'admiration de ses camarades et de ses professeurs. Elle lui permettait dans la conversation d'aborder tous les sujets. Quelques mois avant sa mort, entrant à l'Académie des Inscriptions où l'on discutait des détails oubliés de l'histoire de la Perse ancienne, il surprit tous ses collègues en rétablissant deux dates secondaires du règne de Chosroès.

Mais pour mettre en jeu la mémoire, le savant doit remarquer le fait insolite chaque fois qu'il se présente. Il lui faut avant tout savoir observer. A cet égard encore, Berthelot était remarquablement doué. Il ne faisait pas une expérience sans y découvrir une particularité nouvelle. Ainsi s'explique qu'il ait publié, sans se répéter, près de douze cents mémoires sur les sujets les plus variés (1).

(1) Voici quelques exemples signalés par M. Henry Le Chatelier de l'habileté avec laquelle Berthelot savait saisir les détails intéressants d'une expérience : « Au cours d'analyses de gaz, il eut l'occasion de remarquer, dans les dosages d'oxygène par l'acide pyrogallique, la formation d'un petit résidu gazeux inabsorbable. Plusieurs chimistes avaient déjà rencontré ce phénomène, mais ils

A ses dons d'observation et à une mémoire prodigieuse, Berthelot joignait une insatiable curiosité. Tout l'intéressait : les sciences, la philosophie, l'histoire, la littérature, les arts et la politique. Selon un mot de lui, la curiosité universelle ne cessait de l'animer. Il étonnait ceux qui l'écoutaient par l'étendue et la précision de ses connaissances sur des sujets qui paraissaient très loin de ses études habituelles, par exemple sur les langues ou sur l'histoire des peuples les plus anciens de l'Europe, de l'Afrique ou de l'Asie.

Et il comprenait tout. Nous l'avons vu aborder avec un égal bonheur les sciences, l'histoire, la philosophie, même la politique. Peu de cerveaux humains ont eu une étendue comparable. L'amoncellement des connaissances acquises oblige de plus en plus les savants à se spécialiser, à consacrer leur vie à l'étude d'un petit nombre de questions constituant un chapitre restreint d'une science particulière. Berthelot, lui, a marqué par des idées fécondes et des découvertes originales

l'avaient considéré comme négligeable et ne s'en étaient pas occupés davantage. En cherchant l'explication de ce petit fait, Berthelot découvrit une réaction nouvelle très curieuse, le dégagement d'oxyde de carbone pendant l'oxydation du pyrogallate de potasse. Il fit preuve du même coup d'œil la première fois qu'il vit la bombe calorimétrique de M. Vieille ; il comprit tout de suite la révolution qu'elle allait apporter dans la thermochimie ». (H. Le Chatelier, *Science et industrie*, p. 49).

en chimie, en physique, et dans les sciences de la vie. Il a été le dernier représentant de ces savants d'autrefois, dont l'activité embrassait l'ensemble des connaissances humaines et qui marquaient tout à la fois dans les mathématiques, la chimie, la physique et la philosophie.

Et il travaillait sans relâche. Beaucoup s'imaginent que pour les hommes de génie l'inspiration est un feu divin dispensant de tout effort. C'est peut-être vrai pour l'écrivain et l'artiste, et encore toute œuvre d'art suppose-t-elle le plus souvent une grande habileté technique et un riche fond de connaissances acquises : Gœthe et Hugo furent de prodigieux travailleurs dont la culture était universelle. Mais les grandes découvertes ne naissent jamais sans effort. Buffon soutenait avec quelque raison que le génie est une longue patience et Newton disait qu'il avait fait ses immortelles découvertes en y pensant toujours. L'œuvre immense accomplie par Berthelot s'explique par son intelligence exceptionnelle, mais aussi et surtout par une activité inlassable, méthodiquement organisée. Il dressait chaque jour le programme de ses occupations de six heures à minuit et il le suivait scrupuleusement. Il dormait très peu. La nuit, quand il s'éveillait, il pensait à ses travaux et notait les idées qui lui venaient. Sa patience dans

la recherche n'avait d'égale que sa volonté d'aboutir : « Vous savez, écrivait-il un jour à Renan, que les yeux deviennent plus perçants à mesure qu'une investigation se prolonge, parce qu'ils se concentrent dans la direction voulue, écartant de plus en plus les objets étrangers, qu'ils apprennent à mieux reconnaître à première vue (1). »

Tous ceux qui l'ont connu ont été frappés de son activité. Lors des fêtes de son cinquantenaire scientifique, Moissan lui disait :

« Je me souviens qu'un soir, chez vous,... Renan dissertait sur les choses importantes de la vie. De sa voix persuasive et avec sa calme élocution il faisait remarquer que la chose importante, ce n'est point le repas du lendemain, ce n'est point l'argent que l'on peut gagner, ce n'est point telle ou telle ambition, non ; ce qui est important, c'est l'idée à maîtriser, c'est le travail à poursuivre, c'est la publication à achever. Et tranquillement assis dans un fauteuil, la tête appuyée sur votre main gauche, dans une pose méditative, vous l'approuviez en souriant.

« C'était bien là, en effet, le secret de votre labeur continuel. A quelqu'un qui serait surpris

(1) Renan et Berthelot, *Correspondance*, p. 252.

devant une aussi grande production scientifique, vous pourriez répondre comme Faraday : « Le secret se résume en trois mots : *travailler terminer, publier* » (1). »

Il ne reculait pas devant les besognes les plus fatigantes. « Je le voyais à cette époque, au Collège de France, écrit A. Gautier, l'hiver, courbé par le rhumatisme et perclus de douleur, travailler dans son laboratoire sans feu, car la nature et la précision de ses recherches ne lui permettaient pas de chauffer la salle où il faisait ses mesures. Il fallait passer ensuite ses soirées et ses nuits à les calculer. Il m'a raconté, un jour, qu'il appréciait avoir dépensé aux calculs nécessités par ces expériences plus de 30 mille feuilles de papier (2) ! »

Ses recherches n'allaient pas sans danger. Au début de sa carrière une explosion qui brisa la cornue dans laquelle il essayait de faire cristalliser le carbone pour obtenir du diamant, lui coupa un œil en deux ; par des applications immédiates de glace, son père qui se trouvait heureusement dans la pièce voisine, réussit à empêcher la perte de la vision ; mais l'organe resta toujours affaibli. Au cours de recherches sur l'acide cyanhy-

(1) *Cinquantenaire scientifique de M. Berthelot*, p. 34.
(2) A. Gautier, *Revue scientifique*, 30 mars 1907, p. 387.

drique liquide, dont les vapeurs, quand on les respire, causent une mort foudroyante, un ballon plein de ce liquide lui éclata entre les mains. Ses expériences sur les explosifs faillirent lui coûter plusieurs fois la vie. Un jour qu'il en observait les effets au travers de petits trous percés dans une plaque de blindage, un éclat de fer vint par une de ces ouvertures frapper l'œil de son collaborateur qui fut tué sur le coup. Les dangers provenaient parfois de l'imprudence de ses assistants. Un jour entre autres, il arriva au laboratoire juste à temps pour empêcher l'explosion d'une grande quantité de poudre qu'un officier russe, directeur de l'atelier de torpilles de Cronstadt, avait imprudemment laissé chauffer ; quelques instants plus tard, le Collège de France allait sauter. Une autre fois, une bouteille d'éther sulfurique se casse et s'enflamme près d'une bonbonne de grosse dimension, également remplie d'éther. Chacun pense à se sauver. Berthelot froidement saisit la bonbonne entre ses bras et la porte dans une pièce voisine.

Les ans ne lassèrent point son ardeur. En 1906, presque octogénaire, il publiait outre une dizaine de notes et de mémoires dans des recueils scientifiques, trois ouvrages : un *Traité pratique de*

l'analyse des gaz, son *Archéologie et histoire des sciences* et la 3[e] édition *de Science et philosophie.* Le jour de sa mort se trouvaient sur sa table de travail un mémoire scientifique relatif aux composés alcalins dans les végétaux, un manuscrit alchimique qu'il avait fait venir de Fez quinze jours plus tôt et une adresse aux Français habitant la République Argentine, qui devait leur apporter, le 14 juillet, les vœux de la patrie absente. Il ne cessa de donner le noble exemple dont il parlait à Renan mourant : « Le mot de Vespasien : *laboremus* et sa volonté de mourir debout sont notre devoir à tous. »

Mais le véritable secret de son génie fut sa foi enthousiaste en la science. La science lui apparaissait comme seule capable d'améliorer toujours davantage la condition matérielle et morale de l'humanité. C'est sur elle qu'il comptait pour faire régner plus de justice et plus de bonheur parmi les hommes. De cette religion nouvelle, qu'il croyait devoir être celle de l'avenir, il se considérait comme l'un des prêtres, astreint par là aux plus rigides devoirs : « Un savant, vraiment digne de ce nom, consacre une vie désintéressée au grand œuvre de notre époque : je veux dire à l'amélioration, trop lente, hélas ! à notre gré, du sort de tous, depuis les

riches et les heureux jusqu'aux humbles, aux pauvres, aux souffrants ! (1) »

Il a insisté souvent sur le désintéressement nécessaire au savant : « Les alchimistes d'Alexandrie et de Constantinople, il y a seize siècles, s'appelaient du nom de *poiètès*, les poètes, c'est-à-dire les créateurs, créateurs de richesse et de santé, faisant de l'or et prolongeant la vie. Les chimistes modernes n'ont pas répudié l'idéal de leurs précurseurs. Eux aussi prétendent être des créateurs de richesse et de vie... Ceux qui font ces merveilleuses inventions ne possèdent toute leur initiative, toute leur puissance créatrice qu'à la condition d'être désintéressés, comme le Richi Indien. Celui qui abaisse son idéal et qui s'en distrait, ne tarde guère à perdre le génie nécessaire pour le poursuivre (2). » Berthelot rappelait volontiers une vieille légende du Moyen-Age sur les alchimistes et les sorciers : possesseurs d'un talisman magique, le pouvoir s'en éteignait entre leurs mains, aussitôt qu'ils essayaient d'en tirer un profit personnel.

D'énormes fortunes ont été édifiées sur un seul de ses mémoires scientifiques. Le prodigieux déve-

(1) *Cinquantenaire scientifique de M. Berthelot*, p. 77.

(2) Berthelot. Les Félibres à Sceaux, *Science et libre pensée*, p. 64.

loppement industriel de l'Allemagne moderne est dû en grande partie à la révolution que ses méthodes de synthèse introduisirent dans la science. Ses études sur les explosifs, qui aboutirent à la poudre sans fumée, lui eussent permis d'amasser des richesses comparables à celles de Nobel. Dès le début de sa carrière, ses recherches sur les carbures d'hydrogène le conduisirent à un perfectionnement dans la fabrication du gaz d'éclairage, qui, à Paris seulement, constituait une économie de plusieurs centaines de milliers de francs par an pour la Compagnie du gaz. Mais Berthelot abandonna toujours à la communauté les bénéfices de ses découvertes et ne prit jamais un seul brevet. A maintes reprises, de grands industriels vinrent lui proposer des associations ou l'achat de ses procédés sur la fabrication synthétique des composés organiques. Les brasseries du Nord de la France insistèrent auprès de lui pour qu'il leur réservât le monopole d'une de ses découvertes. Constamment il se déroba à ces sollicitations. Il ne travaillait que pour la science.

Cependant il eût souhaité que fussent reconnus, mieux qu'ils ne le sont souvent, les services des savants qui consacrent leur vie à la recherche désintéressée : « La société, écrivait-il à propos de

Pasteur, semble ignorer que toutes les inventions industrielles, qui accroissent chaque jour à un si haut degré la puissance et la richesse des nations, sont la conséquence des découvertes de la science pure. Elle acclame les unes et semble ignorer ou dédaigner les autres, dont elle profite sans scrupule ; je veux dire sans se préoccuper de la reconnaissance due au dévouement des savants et sans craindre de les décourager dans l'avenir ; sans même se soucier de savoir si leur intelligence, tournée vers l'industrie, comme elle le fait déjà dans d'autres pays, ne saurait pas y trouver de plus lucratives rémunérations (1). » Et il ajoutait non sans quelque mélancolie : « Les hommes, en effet, paraissent souvent indifférents aux plus hautes manifestations de l'esprit dans l'ordre purement abstrait, parce qu'ils n'en comprennent pas la portée. Ils sont, au contraire, prompts à reconnaître et à proclamer les services rendus dans l'ordre des applications (2). »

Certes il savait et il proclamait bien haut que la science est essentiellement une œuvre collective édifiée par l'effort incessant des travailleurs de tout âge et de toute nation. Mais il savait aussi que ces travailleurs obscurs ont besoin par-

(1) Berthelot, *Science et morale*, p. 249.
(2) *Loc. cit.*, p. 255.

fois qu'un homme s'élève qui leur montre la route, et, malgré sa modestie, il avait conscience de compter parmi ceux qui ont ouvert à la science des voies nouvelles et fécondes.

Aussi bien les satisfactions d'amour-propre ne lui manquèrent pas. Il fut de toutes les académies. Il eut toutes les décorations. Il connut les honneurs et le pouvoir. Lors de la cérémonie de son cinquantenaire scientifique, il reçut les plus éloquents témoignages de l'admiration et de la reconnaissance du monde entier. Il entra « vivant dans cette apothéose, que la jalousie des dieux accorde à si peu parmi les humains, et seulement près du terme où ils vont disparaître (1). »

Et cependant il ne fut pas heureux. Soit dans sa correspondance, soit dans les préfaces de ses ouvrages, quand il laisse voir le fond de son âme, on y sent de la tristesse et parfois de l'amertume. Il a vingt-deux ans, il écrit à son ami Renan : « Je suis triste aujourd'hui, comme il m'arrive assez souvent ; je ne sais pas comme vous prendre la vie telle qu'elle est et en harmoniser toutes les parties. » En vain cherche-t-il un dérivatif dans le travail : « Quant à ma santé, elle s'améliore lentement, tout en oscillant au gré de la saison ; huit jours assez

(1) Berthelot, *Science et morale*, p. 243.

bons sont suivis par huit jours plus gênés et plus souffrants, selon que la température s'abaisse et devient plus humide et l'air plus chargé de brouillards. Il faut vivre avec ses ennemis : j'essaie un peu de travailler, et quand j'aurai arrêté sans retour la question du voyage ou du séjour à Paris, je tâcherai de prendre un nouveau point d'appui sur ma volonté, que je laisse flotter indécise depuis plusieurs mois. Mais si la force ne me manque pas, je reprendrai le bâton du pèlerinage que nous accomplissons tous vers le but mystérieux. Si ce n'est point là le bonheur et le calme absolu, du moins c'est le repos moral relatif qui convient le plus à notre condition humaine et à mon propre tempérament. Il faut vider le vase jusqu'au bout, même quand la liqueur commence à s'affadir, parce que, hors de là, il n'y a que trouble et absence de dignité (1). » Il tend toute sa volonté pour réagir contre l'inquiétude qui le tourmente : « Vous savez que je n'ai jamais pu m'abandonner tranquillement à la destinée : il y a en moi un élément d'inquiétude et d'impatience, qui a singulièrement grandi dans ces dernières années : souvent j'ai peine à garder mon sang-froid et mon équilibre. Puisse la barque ne pas chavirer avant

(1) Renan et Berthelot, *Correspondance*, p. 215.

d'atteindre le port (1) ! » Le travail est pour lui une nécessité impérieuse : « Je n'ai de repos moral que dans le cours d'une grande activité intellectuelle (2). » Cependant il sent parfois, lui aussi, le besoin de se détendre. Il est en Bretagne et le spectacle de la nature calme son âme ardente : « Là, comme dans tant de pays que j'ai déjà visités, je me suis dit qu'il serait doux de s'arrêter et de s'endormir. Mais il ne nous est plus permis de sortir du tourbillon. Sans parler des liens qui nous attachent de toutes parts, notre sang circule maintenant trop vite, notre fibre a été trop tendue, la fièvre court toujours dans nos veines, et, pour nous arrêter, il faudrait changer de nature. Là-bas on peut bien se reposer un moment : mais le réveil n'est pas loin, et une force impérieuse, la loi, le rythme inné ou acquis de notre propre nature, nous chasse et nous pousse en avant. C'est la destinée humaine, la nôtre du moins ; car peut-être vaudrait-il mieux dire avec le poète : Insensé le mortel qui pense ! Mais on ne rentre pas dans l'Eden (3). »

Est-il rien de plus poignant que ces pages où Berthelot septuagénaire analyse avec la

(1) Renan et Berthelot, *Correspondance*, p. 241.
(2) *Loc. cit.*, p. 180.
(3) Renan et Berthelot, *Correspondance*, p. 261.

froide précision du savant l'inquiétude qui n'a cessé de le tourmenter ?

« Je n'ai jamais fait plein crédit à la vie : elle renferme trop de doutes et d'éventualités irréparables. De là une impression de tristesse et d'inquiétude, que je n'ai cessé de porter dans toutes les conditions de mon existence et qui fut plus vive dans ma jeunesse, parce que je n'avais pas alors acquis cette sérénité, que donne la vue du terme de plus en plus prochain de toute joie et de toute douleur. J'ai connu la tendresse d'une mère, l'amour dévoué d'un père, et cependant je n'ai pas gardé le souvenir de ce paradis enfantin, dont tant de gens regrettent les portes d'or fermées. Ma première enfance, un peu maladive, m'a laissé le souvenir des jours pénibles, plutôt que celui des jours heureux. A mesure que ma conscience personnelle s'est développée, elle n'a fait qu'accroître mes incertitudes. De bonne heure, dès l'âge de dix ans peut-être, j'ai été tourmenté par l'insécurité de l'avenir. Depuis, je n'ai jamais joui pleinement du présent ; constamment porté à regarder en avant et à tendre ma volonté, pour prévoir et affronter à l'avance les obstacles que j'allais rencontrer. Sans doute, cette prévision inquiète dérive au fond des mêmes facultés qui dirigent l'expérimentateur dans ses découvertes

scientifiques : de même qu'il s'efforce de deviner l'action spontanée des forces naturelles, afin de les faire agir dans la direction spéciale qu'il se propose de leur tracer ; de même il est sollicité par un continuel esprit de prévision et de combinaison, appliqué aux actes et aux sentiments de la vie courante. Cette tension constante est parfois singulièrement pénible. Aujourd'hui même que ma vie, affermie et consolidée par les années, ne laisse plus guère de jeu à ces ennuis, il est trop tard pour revenir à la joyeuse insouciance de la jeunesse.

« La tristesse des enfants et des parents perdus, des amis disparus, le dégoût des trahisons, des déceptions et des abandons, l'impuissance radicale d'atteindre un but absolu, qui se trouve au fond de toute existence humaine, toutes ces causes réunies ne permettent plus à mon âge de s'abandonner à la pleine jouissance du présent. Ce n'est plus d'ailleurs ma propre destinée qui m'inquiète aujourd'hui, c'est la destinée de ceux que j'aime. En tout cas, le souvenir du passé, même heureux, est constamment mêlé de trop d'amertumes pour qu'on puisse s'y laisser aller sans réserve. Voilà pourquoi je me suis toujours réfugié dans l'action pour lutter contre ces désespérances. Voilà aussi pourquoi j'ai toujours éprouvé le besoin de

m'appuyer sur de chères et pures affections... (1) »

Le physique influe toujours sur le moral. La tristesse et l'inquiétude, que Berthelot a si souvent exprimées et qui se lisaient dans ses yeux, tenaient, peut-être en partie, à l'état peu florissant de sa santé. Elle fut entretenue par la fatigue résultant d'une tension continuelle de la volonté : « Je n'ai pas vécu une année, disait-il, sans avoir une lutte à soutenir. » Mais elle avait une cause plus profonde. Elle était le reflet d'une véritable obsession métaphysique en face des incertitudes de la destinée, que rien ne put jamais apaiser. Comme le dit le poète :

« ... Une pente insensible
Va du monde réel à la sphère invisible ;
La spirale est profonde, et, quand on y descend,
Sans cesse se prolonge et va s'élargissant ;
Et, pour avoir touché quelque énigme fatale,
De ce voyage obscur souvent on revient pâle !

Un être ainsi tourmenté ne saurait s'absorber dans des préoccupations égoïstes. Et c'eut été bien mal connaître Berthelot que de prendre sa réserve pour de la froideur. Il n'était pas de ceux qui accueillent tous les visiteurs avec une bonhomie de commande et qui, le dos tourné, oublient avec autant de facilité visiteurs et promesses. Sans

(1) Renan et Berthelot, *Correspondance*, p. 7.

doute aussi son indépendance de caractère le préparait mal à ces petites compromissions qui sont monnaie courante dans les relations mondaines et même dans les relations entre savants. Mais il s'intéressa toujours à ses élèves, s'efforçant de faire reconnaître leur mérite. Il se montra avec Renan le plus prévenant et le plus dévoué des amis. Dans sa correspondance, sa sensibilité déborde à chaque instant. Nous le voyons touché jusqu'au fond de l'âme par les malheurs de la patrie. Nous le voyons craindre pour les siens ou pour ses amis. Nous le voyons animé des plus tendres sentiments de piété filiale : « Moi aussi, écrit-il à Renan, j'ai été revoir, il y a quelques jours, la place où dort mon père. Dans le cours de cette année, il s'est passé peu de nuits où je n'aie revu son image, mêlée à mes pensées et à mes songes. Ainsi disparaîtront les uns après les autres tous ceux que nous aimons, en laissant au fond de notre âme une image que le temps rendra peu à peu moins douloureuse, sans pourtant nous consoler jamais. La vie est une lutte et une défaite perpétuelle et son jour le plus pénible n'est certes pas celui de notre fin. (1) »

Les épreuves de la vie, loin de l'aigrir, ne

(1) Renan et Berthelot, *Correspondance*, p. 331.

firent que le disposer à l'indulgence et à la bonté : « La fin de la vie humaine est triste, non seulement par son terme inévitable, que l'on doit envisager avec sérénité, mais surtout par le départ successif de tous ceux qui nous ont aimé, et qui se sont associés à nos pensées et à nos sentiments. Elle l'est encore par ce lot de douleurs, qui accompagne la destruction lente de notre organisme : on ne peut mourir tout d'un coup ; mais c'est un escalier dont on descend peu à peu les marches pénibles : *via dolorosa.* Consolons-nous du moins, en montrant aux nouveaux venus l'indulgence et la bonté que nous n'avons pas toujours rencontrées dans notre jeunesse. Laissons à leur souvenir une image aimable qui puisse plus tard les soutenir aussi et les engager à aimer les autres, quand leur tour sera venu (1). » Etre utile aux autres était pour lui le plus actif des stimulants : « Tâchons de nous défendre contre les grands maux de l'humanité, la maladie, la douleur et la mort. Vivons, résistons, ayons la volonté d'agir et d'être utiles aux hommes et tout le reste nous sera indifférent (2). »

Et quel enthousiasme pour la science et pour la vérité ! Il eut parfois, comme chacun, ses

(1) *Loc. cit.*, p. 536.
(2) *Loc. cit.*, p. 539.

moments de doute et d'incertitude, mais il ne ralentit jamais son effort. Il combattit sans relâche pour ce qu'il croyait être utile aux progrès de l'humanité : « Je serai dupe jusqu'au bout, disait-il à Renan, de ce désir du progrès, que vous reléguez si sagement parmi les illusions (1). »

Il n'est pas jusqu'à l'expression de sa pensée qui ne reflète son émotion généreuse. Sans doute dans ses écrits techniques, son style a-t-il les seules qualités qu'on puisse demander à un savant : la clarté et la précision. Mais comme il est heureux, dès qu'il le peut, de s'évader de la sèche description des faits. Avec quels élans il généralise pour s'élever jusqu'aux plus hautes spéculations de l'esprit. Et son style acquiert alors du mouvement, de l'émotion et de la vie. « Berthelot était naturellement écrivain. La culture littéraire, l'élévation philosophique, le goût de l'art, l'imagination, l'ardeur des convictions forment chez lui avec la clarté et la sérénité de la science un mélange unique. Sa langue est la pure langue française que nous admirons de Voltaire à Anatole France (2). »

Il sentait bien ce que son œuvre devait à une langue dont il connaissait toutes les finesses.

(1) *Loc. cit.*, p. 532.

(2) G. Laurent, *De Copernic à Berthelot*, Armand Colin, Paris, p. 360.

Peu de jours avant sa mort, il publiait dans la *Revue des Deux Mondes* sous le titre : *La Réforme de la langue française. Langue écrite*, un article destiné à combattre les projets de réforme de la langue française, alors discutés dans certains milieux. Il y étudiait les conditions dans lesquelles notre langue s'est développée et dénonçait les illusions du phonétisme empirique sur lequel tentaient de s'appuyer les réformateurs. « Les perfectionnements de l'orthographe, écrivait-il en épigraphe, peuvent être opérés par le libre consentement de l'usage et non par la contrainte des systèmes *a priori* imposés réglementairement. »

Tous ses contemporains ont vanté l'agrément de sa conversation où se retrouvait comme un reflet de la puissance de sa pensée et de ses dons d'écrivain. Sur les sujets les plus divers, il émettait des idées originales et suggestives, parfois empreintes d'une pointe de paradoxe, et il savait trouver, pour les traduire, des formules d'un tour très personnel. Voulait-il exprimer que l'existence implique une lutte incessante ? « Il faut, disait-il, tenir le pari de la vie. »

Les Goncourt ont noté dans leur *Journal* quelques-unes des conversations de Berthelot. Ils ont eu tout d'abord l'occasion de l'entendre aux dîners

Magny qui réunissaient périodiquement sous le Second Empire un certain nombre de lettrés et de libres esprits, Sainte-Beuve, Renan, Taine, Flaubert, Théophile Gautier, Paul de Saint-Victor.

« *24 avril 1865.* Chez Magny. On cause de l'espace et du temps, et j'entends la voix de Berthelot, un grand et brillant imaginateur d'hypothèses, jeter ces paroles dans la conversation générale : « Tout corps, tout mouvement exerçant une action chimique sur les corps avec lesquels il s'est trouvé, une seconde, en contact, tout, depuis que le monde est, existe et sommeille, photographié en milliards de clichés naturels : et peut-être est-ce là la seule marque de notre passage dans cette éternité ci... Qui sait si, un jour, la science, avec ses progrès, ne retrouvera pas le portrait d'Alexandre sur un rocher, où se sera posée un moment son ombre ? »

« Et qui sait, avait dit aussi ce soir là Berthelot, si un jour on ne retrouvera pas l'image de la bataille du Granique, que les rayons lumineux emportent à travers l'espace ? Toute l'histoire de notre globe est aujourd'hui présente dans l'étendue sidérale. »

A l'un de ces dîners Magny, causant avec Sainte-Beuve de l'*Origine des espèces* de Darwin, Berthelot lui dit que la formation des espèces vivantes par une addition continue de petits chan-

gements individuels lui paraissait peu vraisemblable et qu'il croyait plutôt à leur formation par l'hérédité des anomalies, changements brusques analogues à ceux qu'étudie habituellement la chimie. Pensée qu'il exprima par cette formule humoristique et saisissante : « L'homme est peut-être né d'un œuf de crocodile monstrueux. »

Les Goncourt ont également rencontré Berthelot pendant la guerre de 1870-1871.

« *14 août 1870* (après les premières défaites de l'armée françaises). — Je vais, un peu à l'aventure, demander à dîner à Charles Edmond. Je trouve dans la maison de Bellevue, prêts à se mettre à table, Berthelot et Nubar Pacha... On cause de nos revers, et Berthelot, que notre humiliation vis-à-vis de l'Europe a rendu malade et éloquent, véritablement éloquent, parle, avec une voix éteinte, de l'impéritie générale, du favoritisme, de la diminution des hommes par le pouvoir personnel...

« *6 septembre 1870* (après le désastre de Sedan). — Berthelot rappelle les esprits des hauteurs sophistiques aux menaçantes réalités... Et comme je lui demande s'il espère faire sortir du comité qu'il préside quelque engin de destruction : « Non, non, on ne m'a donné ni argent ni hommes... Ce n'est pas qu'il n'y aurait pas

quelque chose à tenter, à trouver peut-être, mais le temps manque, le temps manque pour faire l'expérience en grand... et la faire accepter donc ! Il y a un gros bonnet de l'artillerie que j'entretenais du pétrole : Oui, m'a-t-il, on s'en servait au IX[e] siècle. — Mais les Américains, lui ai-je répondu, dans leur dernière guerre... — C'est vrai, a-t-il repris, mais c'est dangereux à manier, et nous ne voulons pas nous faire sauter. Voyez-vous, ajoute Berthelot, tout est comme cela ! »

« *1[er] novembre 1870.* — Puis, entre un fabricant d'engins militaires, qui se trouve là, un officier d'artillerie, et Berthelot, c'est l'exposé d'une kyrielle d'inventions ou de produits, refusés par une raison, par une autre, le plus souvent sans aucune raison... De Trochu on passe au Général G., que Berthelot rend responsable de nos désastres, cet homme qui, non content de s'être opposé à la fabrication des chassepots, a refusé le canon du commandant Potier... Berthelot reprend : « Oui, tout est comme cela. Nefftzer ne comprend pas mon exaspération, quand je le vais trouver, il ne voit pas dans le détail, comme moi, il ne touche pas, toute la journée, leur stupide entêtement. Et puis, qu'est-ce que ce décret qui rappelle les vieux retraités, quand on a besoin de jeunes, de capacités qui se développent, d'un géné-

ral qui se révèle ?... Mais on garde l'avancement pour l'armée de Sedan, oui, ce n'est pas une plaisanterie, pour l'armée de Sedan ! »

« *24 janvier 1871* (à la veille de la capitulation de Paris). — Ici Berthelot donne l'explication vraie de nos revers : « Non, ce n'est pas tant la supériorité de l'artillerie, c'est cela seulement que je vais vous dire. Oui, le voici, c'est quand un chef d'Etat-Major prussien a l'ordre de faire avancer un corps d'armée sur un tel point, pour une telle heure : il prend ses cartes, étudie le pays, le terrain, suppute le temps que chaque corps mettra à faire certaine partie du chemin. S'il voit une pente, il prend son... (un instrument dont j'ai oublié le nom) et il se rend compte du retard. Enfin, avant de se coucher, il a trouvé les dix routes par où déboucheront, à l'heure voulue, les troupes. Notre officier d'état-major, à nous, ne fait rien de cela, il va le soir à ses plaisirs, et le lendemain, en arrivant sur le terrain, demande si ses troupes sont arrivées, et où est l'endroit à attaquer. Depuis le commencement de la campagne, et je répète, c'est la cause de nos revers, depuis Wissembourg jusqu'à Montretout, nous n'avons jamais pu masser des troupes sur un point choisi, dans un temps donné » ... Le sérieux de la situation ramène les dîneurs à se demander comment

vont se conduire les Prussiens à notre égard. Il y a ceux qui croient qu'ils déménageront les musées. Berthelot a peur qu'ils emportent le matériel de notre industrie.

15 août 1871. — Dîner chez Brébant. Quelqu'un parle des nationalités, cette invention qui sort la guerre de son caractère courtois, de son caractère de duel entre les souverains. A l'instar des guerres d'animaux, cette invention doit amener la mangerie d'une race par l'autre, et cela condamne, dans un avenir prochain, les Français ou les Allemands à disparaître de l'Europe. C'est le sujet pour Berthelot d'exécuter, ainsi qu'il en a l'habitude, un historique ingénieux, un historique de la disparition du rat primitif de l'Europe, entièment dévoré au XV[e] et au XVI[e] siècles par le surmulot, qui lui-même est en train d'être mangé, à l'heure présente, par le rat scandinave... »

L'ensemble de son œuvre, sa correspondance et sa conversation nous révèlent un Berthelot peint par lui-même. Mais comment était-il vu par les autres ?

Un portrait piquant de M[me] Didier, qui, sous le second Empire, réunissait dans son salon de nombreuses personnalités distinguées, nous le montre tel qu'il était vers 1860, alors que ses découvertes

sur la synthèse commençaient à le faire connaître. « J'avais, dit-elle, un grand dîner et plus de monde que d'habitude, entre autres un jeune savant, ami des Michelet, dont je crois vous avoir parlé. Je lui devais plus d'accueil, plus d'hospitalité, en raison de sa vie retirée et de son extrême réserve. Il paraît timide ; il a une figure très douce et très intéressante. J'ai beaucoup goûté la conversation de M. Berthelot. Si j'ai un regret, c'est de ne pouvoir le suivre sur le terrain de la science ; il a fait de grandes découvertes en chimie et publié deux grands volumes au-dessus de ma portée ; j'en ignorerais jusqu'à la langue. Mais on dit que l'exposition du livre est abordable et donne les conclusions de l'ensemble des travaux. Au reste, il n'est étranger à rien ; il a reçu une éducation très littéraire : il ne lui manque que de s'habiller et de se présenter comme tout le monde. Sa mère est très dévote, très catholique. Elle l'a tenu dans la plus sévère dépendance. Ce joug a pesé sur lui jusqu'à vingt ans. Il s'appartient à peine aujourd'hui qu'il en a trente-deux, et n'est guère émancipé que sur le chapitre du libre examen (1). »

Jules Claretie, qui connut Berthelot après la guerre de 1870, en a laissé ce croquis : « Je me

(1) *Lettres de M^me Didier*, par H. Monin.

rappelle surtout sa bonté un peu ironique, sa douceur profonde, son accueil et son sourire... Il y avait, au temps où j'ai eu l'honneur de connaître Berthelot et ses fils, un coin de terre délicieux dans notre Viroflay décimé. C'était le chalet Bertrand, où le savant et charmant Joseph Bertrand recevait ses vieux amis de Meudon. Par le chemin de la Saussaie, Berthelot et M^me^ Berthelot montaient chez leur hôte. Et là, les deux secrétaires perpétuels de l'Académie des Sciences parlaient surtout des choses de la littérature (1). »

Henri Houssaye nous fait connaître un Berthelot intime, d'une simplicité charmante :

« Je compte, parmi les meilleures fortunes que m'ait données la vie, écrit-il, un certain mois à Perros-Guirec, tout proche de Rosmapamon, logis estival d'Ernest Renan, où M. et M^me^ Berthelot étaient venus passer quinze jours. A des déjeuners, en des excursions en pataches demi-séculaires à Trégastel, à Trébeurden, à Ploumanach, au cap Blanc et autres sites fameux de Trégorrois, et encore en de lentes et courtes promenades à pied (Berthelot courait comme un loup, mais Renan marchait avec peine), quels entretiens charmants et profonds entre ces deux hommes !...

(1) *Temps*, du 8 janvier 1909.

C'est là-bas, sur la côte bretonne, qu'il m'a été donné de connaître et d'admirer l'étendue encyclopédique du savoir de Berthelot, la richesse et la profondeur de son esprit, et aussi le charme un peu sévère, mais très prenant, de sa personne et sa simplicité avenante. Nul ne cherchait moins à imposer...

« A Perros-Guirec, ma femme et ma fille, encore une enfant, employaient le temps que leur laissaient promenades et bains à un jeu plus ou moins renouvelé des Grecs, et aujourd'hui sans doute oublié. Ce jeu, qui était une simplification ou une complication du Jeu de Dames, s'appelait l'*Halma*, le « Saut ». Certain jour, Berthelot jeta un coup d'œil sur la table où luttaient les deux joueuses. Il parut s'intéresser aux combinaisons du jeu qu'il ignorait absolument, et offrit à ma femme de faire avec elle une partie d'Halma. Il joua lentement. Toute son attention, pour ne pas dire toute son intelligence, semblait concentrée sur les carrés rouges et bleus et sur les petits pions. Il perdit, demanda sa revanche, perdit encore. Le grand homme avait l'air surpris et un peu dépité. Il réfléchit deux minutes et dit : « Madame, voulez-vous faire une dernière partie ? Mais, je vous préviens que je suis sûr de la gagner. » Et il la gagna, en effet, très facilement et brillamment. Ce

fut un Austerlitz. Berthelot, comme on voit, s'amusait aux plus petites choses quand il ne s'occupait pas aux grandes. Il avait de tout la curiosité et la maîtrise (1). »

Voici maintenant Berthelot professeur tel qu'il apparut en 1901 à un américain M. C. Snyder qui assista à une de ses leçons au Collège de France :

« Vous vous trouvez dans un petit amphithéâtre nu, nu et gris comme un cloître. La porte d'un passage souterrain s'ouvre, un homme de taille ordinaire avec une énorme tête entre, suivi par son préparateur. Il feuillette quelques notes, écrites sur des enveloppes de lettres et des bouts de papier, et commence d'un ton absorbé et uniforme. C'est un visage aux traits largement dessinés, avec des yeux bleu-gris profondément enfoncés, dans lesquels il y a quelque chose qui vous prend et qui vous tient... Le ton bas de la voix, comme d'un monologue avec soi-même, ne s'élève jamais ; occasionnellement il y a une étincelle d'un humour plutôt mordant, peut-être une référence, en passant, à « quelques idées très à la mode ». Vous avez dans la tolérance aisée, le léger dédain de la phrase, la clef d'un esprit qui

(1) *Discours prononcé à l'Académie française*, 7 janvier 1909.

a vu paraître et disparaître les systèmes et qui, à travers de longues années, a appris, sans doute, à connaître l'évanescence des idées.

« Ainsi, à soixante-quinze ans, Berthelot continue à faire, deux fois par an, la série de ses leçons... Les autres professeurs de cette ancienne institution font leurs cours deux fois par semaine, certains d'entre eux une fois. Berthelot le fait trois fois, « suivant mon habitude », observa-t-il. Le jour où j'étais là, il annonça que le cours du jeudi n'aurait pas lieu « en raison d'obligations qui me retiendront ailleurs. » Ces obligations étaient sa réception à l'Académie Française, où le monde savant, le monde des lettres, l'esprit et la beauté aussi de la gaie capitale vinrent lui rendre honneur. Peut-être, est-ce quelque chose de cette simplicité discrète, de ce singulier dévouement à une tâche à laquelle il renoncera seulement avec la vie elle-même que vous sentez dans le regard de ces yeux vieux comme le monde (1). »

Enfin les notes suivantes extraites de pages publiées par Jules Huret dans le *Figaro* lors des fêtes du Cinquantenaire achèvent de faire revivre le Berthelot des environs de 1901. Le grand savant, au faîte de la gloire, n'avait

(1) C. Snyder, *New conceptions in science.*

rien perdu de sa modestie et de sa simplicité.

« Regardez-le se promener à travers la ville, se rendant à son laboratoire ou allant faire une visite de cinq minutes, oh ! pas plus ! La mise très simple, un peu voûté, l'épaule droite bombée par le geste professionnel du chimiste soulevant mille fois par jour la cornue à la hauteur de l'œil, il va, par les rues, d'un pas alerte, on dirait pressé. Rencontre-t-il quelqu'un des siens, un ami, son regard le frôle comme à regret, sans s'y arrêter, avec la crainte d'être forcé de briser l'écheveau du raisonnement qu'il est en train d'élaborer ; s'il s'arrête, ce n'est qu'un instant, car les heures sont brèves. Et le voilà reparti, le front penché, ou bien il regarde devant lui, l'œil aigu. Tout ce qu'il voit se range à côté de ce qu'il sait. Son cerveau toujours en travail absorbe sans cesse, emmagasine et classe.

« A la campagne, où il passe six mois de l'année, il emploie ses loisirs à mille occupations. Il sait tout ce qui pousse dans son jardin et fait le désespoir de son jardinier par la précision des critiques et la stricte mémoire de ses observations antérieures. Il sait comment chaque arbre doit être taillé et à quelle époque et de quelle fumure il a besoin. Durant dix-huit ans, dans les bois de Meudon, il étudia, pour se distraire, les mœurs des

fourmis, leur façon de coloniser, leurs guerres. »

Berthelot donna l'exemple des plus hautes vertus domestiques. C'est surtout au sein de sa famille que se manifestait sa profonde sensibilité, si délicatement réservée. Et le grand savant savait être délicieusement grand-père. Il avait toujours dans ses poches quelque boîte de bonbons, non des bonbons de synthèse, mais de vrais, d'authentiques bonbons de confiserie qui faisaient la joie de ses petits-enfants.

Il est des savants qui sont supérieurs à leur œuvre. Il en est d'autres à qui les circonstances ont permis de réaliser une œuvre supérieure à leur génie. Berthelot fut égal à son œuvre, qui est immense, par l'étendue et la profondeur de son intelligence, par son labeur ininterrompu, par l'enthousiasme qui ne cessa de l'enflammer pour tout ce qui est noble et grand.

Au soir de sa vie, à l'heure où, se repliant sur soi-même, on se rappelle le passé, il pouvait se rendre ce témoigage : « J'ai vécu fidèle au rêve de justice et de vérité qui avait ébloui ma jeunesse (1). »

(1) Berthelot, *Science et morale*, p. III.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE I. —	La vie de Marcellin Berthelot . .	7
CHAPITRE II. —	L'œuvre scientifique	32
CHAPITRE III. —	L'histoire des sciences . . .	103
CHAPITRE IV. —	La philosophie.	133
CHAPITRE V. —	La vie publique	147
CHAPITRE VI. —	Berthelot et Renan	168
CHAPITRE VII. —	Le savant et l'homme. . . .	186

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE RF IMPRIMÉS

Vannes. — Imprimerie LAFOLYE Frères et Cie. 983-27.

PAYOT, 106, boulevard Saint-Germain, PARIS

DANIEL BERTHELOT
Membre de l'Académie des Sciences

LA SCIENCE
ET LA
VIE MODERNE

Un vol. in-8 de la *Bibliothèque Scientifique*. . 15 fr.

MAURICE MULLER
Docteur ès lettres

ESSAI SUR LA PHILOSOPHIE
DE
JEAN D'ALEMBERT

Un vol. in-8 de la *Bibliothèque Scientifique*. . 30 fr.

PAYOT, 106, boulevard Saint-Germain, PARIS

H. ANDOYER
Membre de l'Académie des Sciences et du Bureau des Longitudes,
Professeur à la Sorbonne

L'ŒUVRE SCIENTIFIQUE
DE
LAPLACE

Un vol. in-16, n° 20 de la *Collection Payot* . . 6 fr.

E. ARIÈS
Correspondant de l'Institut

L'ŒUVRE SCIENTIFIQUE
DE
SADI CARNOT
INTRODUCTION
A L'ÉTUDE DE LA THERMODYNAMIQUE

Un vol. in-16, n° 14 de la *Collection Payot* . . 6 fr.

PAYOT, 106, Boulevard Saint-Germain, PARIS

COLLECTION D'ÉTUDES, DE DOCUMENTS ET DE TÉMOIGNAGES POUR SERVIR A L'HISTOIRE DE NOTRE TEMPS

LOUIS ANDRIEUX.

A travers la République 30 fr.

MARGOT ASQUITH.

Autobiographie 24 fr.

A. BOUTARIC, Professeur à la Faculté des Sciences de Dijon.

Marcellin Berthelot (1827-1907) 15 fr.

MADISON GRANT, président de la Zoological Society de New-York.

Le déclin de la Grande Race 30 fr.

GUILLAUME II.

Souvenirs de ma Vie (1859-1888) 30 fr.

WILLIAM JAMES.

Extraits de sa Correspondance 18 fr.

Dr A. F. LEGENDRE, ancien directeur de l'Ecole de Médecine Impériale de Tchentou.

La Civilisation chinoise moderne 24 fr.

KAKUZO OKAKURA.

Les Idéaux de l'Orient 15 fr.

WALTER RATHENAU.

Où va le Monde? 12 fr.

ERNEST SEILLIÈRE, membre de l'Institut.

CHRISTIANISME ET ROMANTISME

Alexandre Vinet, historien de la pensée française 15 fr.

Journal intime de A. Souvorine 16 fr.

LOTHROP STODDARD.

Le nouveau monde de l'Islam 24 fr.

Du même auteur :

Le flot montant des peuples de couleur 24 fr.

Avec 2 cartes hors texte en couleurs

M. A. DE WOLFE HOWE.

La Vie et la Correspondance de Barrett Wendell 60 fr.

IMP. GROU-RADENEZ, 13, RUE DE SÈVRES, PARIS. 22916 — 3-27

DESACIDIFIE
A SABLÉ - 2010

BIBLIOTHEQUE NATIONALE DE FRANCE
3 7502 00773881 0